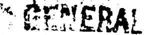
Calciumcarbid

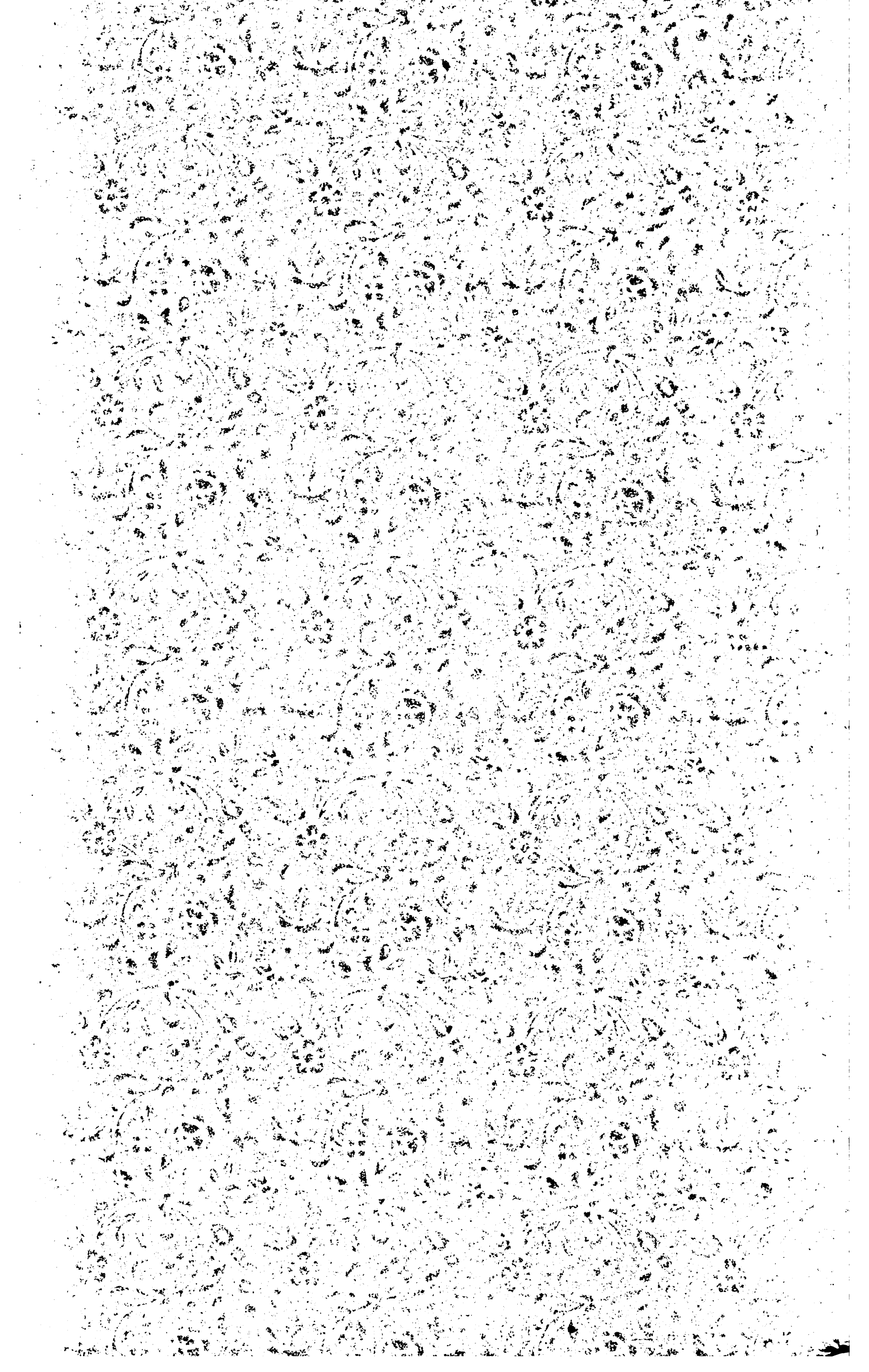
und

Acetylen.

Von

Fr. Liebetanz.







Handbuch
der
Calciumcarbid-
und
Acetylentechnik.

Nach den neuesten Fortschritten und Erfahrungen

geschildert

von

Fr. Liebetanz.

Mit 257 Abbildungen und 7 Tafeln.

Zweite
vermehrte und verbesserte Auflage.



LEIPZIG
Verlag von Oskar Leiner.
1899.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Als das Manuskript für die erste Auflage dieses Buches vorbereitet wurde, stak, um mich einer abgebrauchten aber passenden Redensart zu bedienen, die Carbid- und Acetylenindustrie noch in ihren allerersten Kinderschuhen. Dass es ein Wagnis war, eine Industrie und noch dazu eine mit der Wissenschaft in engem Konnex stehende Industrie in ihrem unfertigen Zustande zu schildern, war ich mir bewusst. Doch war ich auch überzeugt, dass gerade eine solche Schilderung ein Bedürfnis war, das sich dringend fühlbar machte. Und so entstand die erste Auflage des Buches als erstes deutsches Originalwerk in der Sturm- und Drangperiode der deutschen Acetylenindustrie im Jahre 1897.

Es war nur zu klar, dass das Buch in seiner ersten Ausgabe kein vollständiges Bild dieser Schwesterindustrien bieten konnte, aber es sollte wenigstens nach Möglichkeit das Notwendigste einschliessen, was die in der Praxis stehenden Angehörigen der jungen Industrie zu ihrer Orientierung bedurften. Meine Bemühungen nach dieser Richtung scheinen nicht vergeblich gewesen zu sein, das ging aus dem hierdurch hervorgerufenen lebhaften Meinungsaustausch und der Kritik der ersten Auflage hervor. Andererseits dokumentierte sich das vorliegende Bedürfnis eines Orientierungsmittels aus dem raschen Absatz der ersten Auflage.

Die nun erschienene zweite Auflage präsentiert sich in einer von der ersten wesentlich abweichenden Neubearbeitung. Mit der ruhigeren Entwickelung der Schwesterindustrien ist die Umgestaltung des Buches Schritt um Schritt mitgegangen. Es dürfte kaum eine Seite dieser Industrien, kaum einen wesentlichen Fortschritt oder eine bemerkenswerte Neuerung geben, die in dem Buche nicht angeführt und mehr oder weniger ausführlich besprochen ist. Hierbei ist wiederum auf illustrative Erklärung grosse Sorgfalt verwendet worden, und ferner habe ich mir einen möglichst reichhaltigen Litteraturnachweis sehr angelegen sein lassen. Der letztere ist bisher nirgends genügend berücksichtigt worden, und doch ist ein zuverlässiger Litteraturnachweis ein wichtiges Hilfsmittel, um eine rasche und kontrollierende Orientierung in einzelnen Specialfragen zu ermöglichen.

Sämtliche Kapitel des Buches sind nicht nur umgearbeitet, sondern auch ausnahmslos erweitert. Mehrere Abschnitte sind neu hinzugekommen und durch Weglassung unwichtiger oder veralteter Mitteilungen ist jeder unnötige Ballast vermieden. So sind alle jene anfänglich erhofften Anwendungsarten des Calciumcarbids übergangen, die sich in der Praxis als unausführbar überhaupt oder

als zu kostspielig herausstellten. Hier sind zu nennen die beabsichtigte Verwendung im Eisenhüttenwesen (Rekarburierung des Stahles), Entwässern von Alkohol, Vertilgen der Reblaus, Rettungsringe, Sprengmittel durch Expansion des Acetylens u. v. a. Auch die Anordnung des Stoffes ist verbessert und das Inhalts- und Sachregister besonders eingehend spezialisiert worden, um eine rasche Nachschlagung zu gestatten. Das Buch soll demnach nicht nur ein Lehr- und Handbuch der Carbid- und Acetylentechnik, sondern auch ein zweckentsprechendes Nachschlagewerk für dieselbe sein, wie es in beiden Beziehungen weder in der deutschen noch in der ausländischen Litteratur dem heutigen Stande der Carbid- und Acetylenindustrie entsprechend vorhanden ist. Der Stand und die Fortschritte der Industrien, denen das Buch dienen soll, sind nicht lediglich referierend erklärt, sondern alle diese Industrien berührenden Fragen sind gleichzeitig in theoretischer, ganz besonders aber in praktischer Beziehung eingehend studiert worden. Hierbei fand ich das bereitwilligste Entgegenkommen dem Carbid und dem Acetylen Interesse entgegenbringender bekannter Gelehrter und die freundliche Unterstützung von erprobten, den beiden Industrien teilweise seit Anbeginn dienenden Fachgenossen, sowie mehrerer einschläglicher Firmen. Es ist mir deshalb eine überaus angenehme Pflicht, allen den Herren und Firmen für ihre Mühe und selbstlose Mitteilung von Erfahrungen an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Ich hoffe, dass es mir gelungen ist, dem andauernden, lebhaften und klärenden Meinungsaustausch im vorliegenden Buche vollsten Ausdruck zu verleihen und die Resultate vieler praktischer Arbeiten, sowohl auf dem Gebiete der Carbid- wie der Acetylenindustrie der Allgemeinheit dienstbar zu machen.

Der Verlag hat in dankenswertester Weise allen Wünschen hinsichtlich der Ausstattung und des Umfanges des Buches entgegenkommendst Rechnung getragen, was die Ausführung meines Bestrebens in bedeutendem Maasse erleichtert und förderte.

Gleichwie der vom Verfasser ins Leben gerufene, kürzlich in dem »Deutschen Acetylenverein« aufgegangene »Calciumcarbid- und Acetylengas-Verein« der erste, feste Zusammenschluss der Carbid- und Acetylenindustrie war, der zu der ersten klärenden Thätigkeit auf diesem Gebiete den Anstoss gab, so möge auch dieses Buch fördernd und klärend nach allen Richtungen hin wirken. Möge es allen denen, für die es bestimmt ist, ein Freund und Führer sein und sein Scherflein zur Kenntnis und Verbreitung des Acetylens beitragen.

Düsseldorf, Februar 1899.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.



Geschichtliches.

Mit dem plötzlichen Auftreten des Calciumcarbids als industriellen Erzeugnisses war im Anfange des Jahres 1894 eine hochgehende Bewegung durch die gesamte gebildete Welt gegangen. Jedoch war weniger das Calciumcarbid der lebhaft besprochene Mittelpunkt des Interesses, als wie dessen Produkt, das Acetylen. Die beiden Worte, die das grosse Publikum, ja auch die Mehrzahl der Techniker vielleicht jemals kaum nennen hörten, schwirrten fremdartig von Mund zu Mund, durch die Presse, durch Vorträge und Projekte. Als sich die von allgemeiner Verwirrung getragenen Wogen der Begeisterung legten, blieb nichts übrig, als ein Heer von Gegnern und nur ein kleines, unscheinbares Häuflein überzeugter Freunde. Und diese hatten jetzt einen schweren Stand. Denn mit Macht wurde gegen das Acetylen mit allen verfügbaren Mitteln gekämpft; seine Giftigkeit und Explosivkraft wurde unendlich aufgebauscht und man suchte das Acetylen als einen der tod- und verderbenbringendsten Stoffe hinzustellen. Glücklicherweise konnte diese, oft mit unerhörter Leichtfertigkeit abgegebenen Angriffe stets sofort und vernichtend widerlegt und abgewiesen werden. Der Grund hierfür lag nicht allein in den umfassenden Untersuchungen des Acetylens, die man in der Gegenwart vornahm, sondern vielfach auch in dem Bekanntsein der meisten Eigenschaften dieses Gases, das längst in dem Laboratorium des wissenschaftlichen Chemikers hergestellt wurde.

Bereits 1836 hatte Edmond Davy beobachtet, dass einige der bei der Herstellung von Kalium entstehenden Nebenprodukte eine Zersetzung des Wassers unter Bildung eines stark acetylenhaltigen Gases bewirkten.[1]) 1862 berichtete Friedrich Wöhler (1800—1882) in Göttingen über die Herstellung von Calciumcarbid in seiner Abhandlung »Darstellung von Acetylen aus Calciumcarbid«,[2]) dass, wenn man eine Legierung von Calcium und Zink mit Holzkohle mischt und diese Mischung einer sehr hohen Temperatur aussetzt, eine pulverförmige Masse entsteht ($Zn\,Ca + C_2 = Ca\,C_2 + Zn$), die die merkwürdige Eigenschaft besitzt, Wasser unter Entwickelung eines

[1]) Annalen der Chemie und Pharmacie, XXIII, 144.
[2]) Annalen der Chemie und Pharmacie, CXXIV, 220.

acetylenhaltigen Gasgemisches zu zersetzen.[1]) Es wurde indessen vorerst nicht versucht, diese Entdeckung weiter zu verfolgen. Jedoch beobachtete Wöhler, dass das entstehende Gas mit hell leuchtender, aber stark russender Flamme brennt, dass es mit Chlor ein selbst in zerstreutem Licht selbstentzündliches Gemisch bildet und auch beim Erwärmen mit einer Lösung eines ammoniakalischen Silbersalzes ein selbstentzündliches Gasgemisch ergiebt. In demselben Jahre baute Berthelot[2]) auf den Mitteilungen Wöhlers und Davys seine grundlegenden Untersuchungen über das Wesen des Acetylens auf.

Es ist demnach als feststehend zu betrachten, dass der deutsche Chemiker Friedrich Wöhler der Entdecker des Calciumcarbids und Acetylens ist, während Berthelot zuerst (1862) eine umfassende Untersuchung dieser beiden Stoffe vornahm, auf die sich die weiteren Laboratoriumsarbeiten gründeten. Berthelot führte den Aufbau des Acetylens aus seinen Grundstoffen Kohlenstoff und Wasserstoff durch direkte Vereinigung aus und gab ihm seinen Namen.

Während das Acetylen nach und nach wieder in Vergessenheit zu geraten schien, wurde ziemlich unvermittelt auf anderem Wege der erneute Anstoss zu seiner Darstellung gegeben. C. A. Winckler in Freiberg i. S. machte bei seinen Versuchen zur Herstellung der alkalischen Erdmetalle durch die Zersetzung der kohlensauren Salze derselben mittels Magnesium Erfahrungen, in denen er den Beweis fand, dass das bei diesem Vorgange erhaltene Gas nichts anderes ist, als ein Gemisch von Wasserstoff mit Acetylen in nahezu gleichen Mengen.[3]) Die Erfahrungen Wincklers machte sich L. Maquenne zu eigen und suchte in der ersten Hälfte des Jahres 1892 Baryumcarbid darzustellen, was ihm auch gelang. Er mischte in einer eisernen Flasche 26,5 *g* Baryumcarbonat, 10,5 *g* pulverisiertes Magnesium und 4 *g* Holzkohle, worauf die Flasche vier Minuten der Temperatur eines Perrot-Ofens ausgesetzt wurde. Maquenne erhielt nach der Abkülung der Flasche ein formloses Pulver, leicht zerreiblich, von bläulich grauer Farbe, welches Calciumcarbid enthielt.[4]) 100 *g* dieses Pulvers (BaC_2) lieferten 5200—5400 *ccm* = 5,2—5,4 *l* Acetylen, während 100 *g* des heutigen Calciumcarbids 30 *l* Acetylen ergeben. Das aus Baryumcarbid gewonnene Acetylen war mit etwa $^2/_3$ % freien Wasserstoffes vermischt. Maquenne berichtete über seine

---

[1]) Göttinger Nachrichten 1862, 374 (»Darstellung von Acetylen aus Calciumcarbid«).

[2]) Annales de chimie et de physique, 3. Serie, LXVII, 52, 1863.

[3]) Berichte, XXIII, 120, und XXIV, 1966.

[4]) Comptes rendues de l'Académie de sciences des Paris, CXV, 331, 560. — Annales de chimie et de physique, 6. Serie, XXVIII, 257.

Arbeiten in einer Mitteilung an die »Société chimique«[1]) vom 5. Dezember 1892. Nach den Mitteilungen L. M. Bulliers auf dem »Congrès international de chimie industrielle« 1896, ist das kohlensaure Baryum das einzige Salz der alkalischen Erdmetalle, das durch Einwirken von Magnesium in Carbid übergeführt werden kann. Die übrigen Salze, besonders kohlensaurer Kalk, werden durch Magnesium nur unvollständig zersetzt und liefern nach dieser unvollständigen Zersetzung bei der Behandlung mit Wasser ein Gemisch von Wasserstoff mit Acetylen.

Kurze Zeit nach den Experimenten Maquennes gelang es W. Travers,[2]) nach einer anderen Methode Acetylen zu erhalten. Er ersetzte das Magnesium durch metallisches Natrium nebst einer Mischung von pulverisiertem Chlorcalcium und getrockneter Gaskohle (1 : 4). Eine Eisenflasche wurde auf eine besondere Weise geschlossen und in einem Glühofen bis zur Rotglut 30 Minuten lang erhitzt. Nach der Abkühlung enthielt die Flasche eine spröde, blaugraue Masse, die ca. 16 % Calciumcarbid enthielt (CaC_2) mit etwas freiem Kohlenstoff, Natriumchlorid und Natriumcyanid. Sie entwickelte, mit Wasser in Berührung gebracht, Acetylen in grösserer Menge ($CaCl_2 + 2\,Na + C_2 = 2\,NaCl + C_2Ca$), und zwar 40—50 *l* Gas pro Kilogramm der Masse. Dieses Verfahren von Travers ist also hinsichtlich der Acetylengewinnung dem Maquenne'schen Verfahren ganz gleich und auch in der Darstellung des Rohproduktes ist es von jener Methode nur bezüglich der Zusammensetzung der Stoffe verschieden. Eine gewerbliche Ausnutzung, etwa zur Beleuchtung, gestatten beide Verfahren nicht, da das gewonnene Acetylen im Verhältnis zu den Herstellungskosten viel zu gering ist. Dies ist nur bei dem gegenwärtigen Preise und der Beschaffenheit des heutigen Calciumcarbids möglich.

Durch das neu erwachte Interesse am Acetylen beschäftigten sich die Gelehrten in lebhafterer Weise als bisher mit der Auffindung eines rationellen Verfahrens, um Calciumcarbid industriell nutzbar zu machen. Das Augenmerk wurde von Wilh. Borchers bereits im Jahre 1891 auf die hierfür vortrefflich geeigneten elektrischen Öfen mit ihren ungeahnt hohen Temperaturen gelenkt. Borchers hatte 1891 diese Reaktionen im elektrischen Ofen auf Grund seiner jahrelangen Versuche in den kurzen Worten hervorgehoben: »Alle Oxyde sind durch elektrisch erhitzten Kohlenstoff reduzierbar!« Am 12. Dezember 1892 berichtete sodann Henri Moissan an die »Académie des sciences«,[3]) dass die aus Kalk bestehende Ofenmasse

[1]) Bd. VII, VIII, 3. Abt., 23.

[2]) Proceedings of the chemical society (6. Febr. 1893), CXVIII, 15.

[3]) Communication du 12 décembre 1892. Comptes rendues de l'Académie des sciences, CXII, 6. Chimie minérale. Description d'un nouveau four électrique par Henri Moissan.

seiner elektrischen Öfen bei der ausserordentlich hohen Erhitzung durch den elektrischen Lichtbogen an den Kohlenelektroden die Bildung eines Calciumcarbids von unbestimmter Zusammensetzung verursachte. »Si la température atteint 3000° la matière même du four, la chaux vive fond et coule comme de l'eau. A cette température, le charbon réduit avec rapidité l'oxyde de calcium, et le metal se dagage en abondance; il s'unit avec facilité au charbon des électrodes pour former un carbure de calcium liquide au rouge qu'il est facile de recueillir.« (Wenn die Temperatur 3000° erreicht hat, schmilzt selbst der Kalk, die Substanz des Ofens, und fliesst wie Wasser. Bei derselben Temperatur reduziert die Kohle mit Leichtigkeit das Calciumoxyd, und das Metall entwickelt sich in grossen Mengen. Es vereinigt sich mit Leichtigkeit mit dem Elektrodenmaterial und bildet in der Glühhitze ein flüssiges Carbid des Calciums, welches leicht zu sammeln ist.)

1893[1]) und 1894[2]) wurden die weiteren Arbeiten Moissans in dieser Richtung veröffentlicht.

Inzwischen hatte auch der Leiter der »Willson Aluminium Co.« zu Spray (Leaksville), Nord-Carolina, Thomas L. Willson, Calciumcarbid im elektrischen Ofen gewonnen, und zwar als Zufallsprodukt. Er versuchte, metallisches Calcium und dessen Legierungen darzustellen, wozu er einen verbesserten elektrischen Héroult-Ofen (Siemens-Tiegel) und einen Strom von 2000 Ampère und 36 Volt benutzte. Das benutzte Gemisch bestand aus Kalk und Kohle. Willson erhielt eine geschmolzene homogene Masse von schwarzer Farbe, die bei der Abkühlung fest und spröde wurde. Die Masse erwies sich bei der Analyse als ein sehr reines Calciumcarbid, das bei der Zersetzung mit Wasser reines Acetylen gab. Interessant ist die erste Bekanntschaft mit dem Acetylen in Spray, denn es wurde oben bereits erwähnt, dass Willson seine Entdeckung einem Zufall verdankte. Die bei seinen Versuchen erhaltene schwarze Masse erschien ihm nicht als das von ihm gesuchte Produkt (Calciummetall) und achtlos warf man diese Masse in den Bach, wobei man zum Erstaunen sah, dass sich plötzlich starke Gasmassen entwickelten, die man anzündete und hierauf eine hellleuchtende aber stark russende Flamme erhielt. Nun wiederholte man das Schmelzexperiment, analysierte die Masse und am 16. September 1892 sandte Willson das Produkt an Lord Kelvin an der Glasgower Universität mit folgendem Begleitschreiben:

»Spray, N.-C., 16. September 1892.

Lord Kelvin, Universität Glasgow, Schottland.

Geehrter Herr!

Es bereitet mir ein sehr grosses Vergnügen, Ihnen etwas Calciumcarbid, das in meinem elektrischen Ofen hergestellt ist, zu über-

---

[1]) Comptes rendues, CXVII, 679—682.

[2]) Comptes rendues, CXVIII, 501—506.

senden. Dieses Produkt ist aus der Reduktion des Kalkes (Calciumoxyd) durch Kohlenstoff entstanden, wobei der Kohlenstoff die Stelle des Sauerstoffes eingenommen hat.

Die grosse Affinität dieser Calciumverbindung zum Sauerstoff befähigt dieses Material, Wasser schnell zu zerlegen, wobei der frei werdende Wasserstoff sich mit dem Kohlenstoff verbindet. Wird dieses Gas entzündet, so vereinigt sich der Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft, wobei Kohlenstoff als Russ ausscheidet.

Dieser Stoff nimmt das Interesse der Gelehrten in grossem Masse in Anspruch und ich hoffe ebenso Ihre Aufmerksamkeit und Ihr Interesse darauf zu lenken.

Vielleicht sind Sie mit den feinen Apparaten Ihrer Laboratoriumseinrichtung imstande, metallisches Calcium aus dieser Verbindung zu erhalten.

Wenn Sie irgend eine weitere Auskunft über dieses Material zu erhalten wünschen, so bin ich gern bereit, Ihnen alle Erfahrungen die ich darüber gesammelt habe, zur Verfügung zu stellen. Indem ich hoffe, dass diese beiden heute per Post Ihnen zugesandten Behälter Sie bei Gesundheit antreffen, verbleibe ich mit den besten Wünschen Ihr (gez.) Thomas L. Willson.«

Mit diesem Briefe ist der Beweis erbracht, dass Willson thatsächlich im Sommer 1892 Calciumcarbid in grösseren Mengen dargestellt hatte, und zwar auf eine Weise, die industriell ausführbar war. Hiermit ist der fernere Beweis erbracht, dass die Calciumcarbidfabrikation als solche mit diesen Arbeiten Willsons ihren Anfang nahm, wenn man nicht einen früheren Termin hierfür anzunehmen geneigt ist, denn am 19. Mai 1892 schreibt Willson an seinen Patentanwalt Arthur C. Fraser:[1])

»Ich will einen Anspruch darauf erheben, dass mir die Herstellung von Aluminiumcarbid, Calciumcarbid und aller anderen Carbide durch Patent geschützt wird.

Calciumcarbid ist eines der merkwürdigsten und interessantesten Carbide. In gleicher Weise wie metallisches Natrium und Calcium besitzt es die Fähigkeit, Wasser zu zerlegen und an der Luft zu oxydieren, sodass man es in Öl oder luftdichten Gefässen aufbewahren muss. Es wird durch Erhitzen von Kalk (Ca O) und Kohle erzeugt. Die besten Resultate erzielt man, wenn man den Kalk mit Teer mischt und die so gewonnene Masse der Hitze eines elektrischen Flammenbogens unterwirft.«

Schon zu dieser Zeit konnte Willson täglich 100 (engl.) Pfund Calciumcarbid darstellen.

---

[1]) Progressive Age, X, 1898.

Lord Kelvin antwortete auf das Schreiben Willsons vom 16. September 1892 folgendes:

»Die Universität Glasgow. 3. Oktober 1892.

Werter Herr!

Ich habe das Calciumcarbid untersucht, und zwar nur insofern, als ich es ins Wasser warf und das aufsteigende Gas entzündete. Es scheint eine sehr interessante Substanz zu sein und ich danke Ihnen für die Zusendung. Ihr sehr ergebener (gez.) Kelvin.

Thomas L. Willson, Esq.«

Willson hatte nicht versäumt, bereits am 9. August 1892 in den Vereinigten Staaten ein Patent auf seine Erfindung anzumelden, das ihm am 21. Februar 1893 erteilt wurde. In der Patentschrift, deren Titel lautet: »Reduktion feuerfester Metalle auf elektrischem Wege von Thomas L. Willson in Leaksville, N.-Carolina,« und die die Nr. 492377 trägt, sagt er wörtlich:

»Meine Erfindung ist auch auf andere chemische Reaktionen anwendbar, als bloss auf jene, die unter dem Namen »Reduktion« in rein metallurgischem Sinne zusammengefasst werden. So beabsichtige ich zum Beispiel mein Verfahren auf die Behandlung feuerfester Metallverbindungen oder Mineralien anzuwenden, nicht unbedingt zur Darstellung der Metalle selbst, sondern zur Darstellung von anderen Verbindungen derselben. So habe ich dasselbe zum Beispiel angewendet, um Calciumoxyd zu reduzieren und Calciumcarbid darzustellen.«

Ein Assistent Lord Kelvins wandte sich an Willson um nähere Aufklärungen über das Calciumcarbid, welchem Ersuchen Willson in folgendem Schreiben nachkam:

»13. Dezember 1892.

Ich bin sehr gern bereit, Ihnen die weitgehendste Auskunft über das Calciumcarbid zu erteilen, und ich hoffe, dass Sie imstande sein werden, irgend etwas genaueres darüber zu bestimmen, als ich es vermochte . . . .

Für das obige Material wurde folgendes Gemisch verwendet: $5^1/_2$ Pfund Kalk und 1 Gallon (4,5 *l*) Teer wurden gemischt und dann gekocht, bis die Masse aufwallte. Dabei benutzte man einen gewöhnlichen Gusseisenkessel. Dann schüttete man von dieser Mischung (einer flüssigen oder gesättigten Masse von Kalk und Kohle) in den »Lichtbogen«-Ofen durch eine oben befindliche seitliche Öffnung desselben eine Schaufel voll, sagen wir $^1/_2$ bis 1 Pfund, alle zwei Minuten hinein. Bei der Herstellung von Calciumcarbid lassen sich circa 35 bis 40 Pfund in einer Stunde reduzieren . . .

Ich erhielt diese Substanz als das Resultat eines Versuches, metallisches Calcium wohlfeil herzustellen, indem ich dachte, dass

das metallische Calcium verdampfen würde, wenn es von Sauerstoff befreit wäre, und dann verdichtet werden könnte. Ich habe dabei noch keinen Erfolg gehabt, obgleich ich mich schon mit einem teilweisen bei einer solchen Kondensierung des Aluminiumdampfes begnügt habe, der sich bei dem Versuche, auf diese Weise Aluminium darzustellen, bildete. In Beantwortung Ihrer letzten Frage teile ich Ihnen mit, dass man täglich bei 24 stündiger Arbeit circa 300 bis 400 Pfund herstellen kann, bei einem Selbstkostenpreise von 10 Cents (42,5 ₰) pro Pfund und mit einem Ofen, der 36 Volt und 2000 Ampère braucht, bei Anwendung von Wasserkraft zur Erzeugung des Stromes. Bei der Herstellung von Calciumcarbidkrystallen war keine andere Substanz im Ofen.«

Da dieser Brief in Spray, N.-Carolina, einen Tag nach der Veröffentlichung von Moissans erster Schrift geschrieben war, so war es offenbar für Willson unmöglich, irgend eine Kenntnis aus derselben abgeleitet zu haben. Seine Beziehung auf die »Calciumcarbidkrystalle« ist bedeutsam.

Obgleich nun der Wert des Gases (Acetylen) für Beleuchtungszwecke erkannt war, so war doch der hohe Preis des Carbids, damals 200 Dollar (830 ℳ) pro Tonne oder 10 Cents (42,5 ₰) pro Pfund, der Einführung hinderlich. Zahlreiche Proben von Calciumcarbid wurden an verschiedene Personen in den Vereinigten Staaten in diesem Jahre vergeben. James T. Morehead, der Präsident der »Willson Aluminium Company«, ging Ende 1893 nach England mit Carbidproben, welche er verschiedenen Personen gab, und versuchte so, dort für dasselbe ein Absatzgebiet zu schaffen, aber er hatte kein Glück. Zum ersten Male wurde am 29. Januar 1894 eine Tonne von Willson für die »Willson Aluminium Company« an Eimer & Amend, New-York, verkauft und am 3. Februar 1894 verschickte dieselbe Gesellschaft von Spray, N.-Carolina, alles, was sie gerade besass, 75 Pfund ungefähr, am 10. Februar 1894 weitere 557 Pfund mit nachfolgenden, häufig sich wiederholenden Ladungen. Zu dieser Zeit war die Erfindung noch in keiner Zeitung oder in den Schriften eines Vereins veröffentlicht worden, ausser dass in einer die Patente Willsons bekannt gegeben wurden.

Im Frühjahr 1895 endlich nahm die »Willson Aluminium Co.« in Erkenntnis der grossen Wichtigkeit des Calciumcarbids dessen Fabrikation im grossen auf und war das erste Werk überhaupt, das das Carbid industriell ausbeutete.

Trotzdem Willson sowie den Freunden desselben, Dickerson und Suckert, das Verdienst gebührt, den Gedanken, das Laboratoriumsprodukt zu einem industriellen und Handelsartikel zu gestalten, zuerst ausgeführt bezw. finanziell gefördert zu haben, trotzdem

Willson bereits im September 1892 eine Probe Calciumcarbid aus seinem eigenen elektrischen Ofen an Lord Kelvin gesandt hatte und trotzdem endlich Suckert vor dem »Franklin-Institut« und V. Lewes in einer Abhandlung vor der »London Society of Arts« nachzuweisen versuchten, dass thatsächlich Willson der Entdecker des Calciumcarbides ist, wird diese Behauptung durch die skizzierten geschichtlichen Vorgänge zu gunsten Wöhlers widerlegt. — Da Moissan erst im Dezember 1892 Mitteilung von seiner Entdeckung machte, so muss man jedoch Willsons Entdeckung als die ältere betrachten, wenn man nach Lage der Verhältnisse überhaupt von einer neuen Entdeckung sprechen kann. Anscheinend haben Willson und Moissan vollständig unabhängig von einander operiert.

Erwähnenswert ist, dass W. Borchers 1895 in einem vor der »Elektrochemischen Gesellschaft« gehaltenen Vortrage sagte, dass er schon vor zehn Jahren, also mindestens sieben Jahre früher als Willson und Moissan, Calciumcarbid mittels des elektrischen Ofens hergestellt hat.[1] Der benutzte Ofen war auf die denkbar einfachste Art gebaut.

Die Berichte Moissans vom 5. März 1894 enthalten eine ausführliche Beschreibung über die Bildung von reinem krystallisierten Calciumcarbid und über dessen Reaktionen mit Sauerstoff, Schwefel, Chlor u. s. w., sowie eine vollständige Abhandlung über die Bildung von Acetylen durch die Einwirkung von Wasser auf Carbid.

Der Assistent Moissans, L. M. Bullier, nahm ein Patent auf die Herstellung von Calciumcarbid in mehreren Staaten, das in Deutschland vom 20. Februar 1894 ab gültig war, während es im Juli 1894 erteilt, am 16. Juni 1898 jedoch in Deutschland vollständig annulliert wurde. Dasselbe trug die Nr. 77168 und lautete nach der amtlichen Ausgabe wörtlich:

»Louis Michel Bullier in Paris.

Verfahren zur Darstellung von Kohlenstoffverbindungen der Erdalkali-Metalle.

Vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur direkten und industriellen Gewinnung von Carbiden der Alkalierd-Metalle. Das betreffende Verfahren besteht darin, in einem elektrischen Ofen, z. B. nach dem System »Moissan«, eine Mischung aus Kohlenstoff mit einem Oxyd des in Form seines Carbids zu gewinnenden Alkalierd-Metalles zu erhitzen. Das in dem Ofen erhaltene Produkt ist bei seiner Bildungstemperatur flüssig und bildet nach Abkühlung eine krystallinische, dunkelfarbige Masse, welche aus einem Carbid des in der Mischung enthaltenen Metalles besteht. Wenn man 56 Teile

---

[1]) Zeitschrift f. Elektrochemie 1895, 163.

Calciumoxyd bezw. gebrannten Kalk und 36 Teile Kohlenstoff (Zuckerkohle, Holzkohle, Russ oder dergl.) anwendet, erhält man ein bestimmtes, etwa der Formel $C_2 Ca$ entsprechendes Calciumcarbid, fügt man einen Kalküberschuss zu, so kann man Carbide verschiedener Zusammensetzung erhalten. Man erhält ebenso und ebenfalls mit Leichtigkeit die Carbide des Baryums und Strontiums. Selbstverständlich kann man auch das Oxyd des betreffenden Metalles durch sein Carbonat oder jeden anderen alkalierdmetallhaltigen Körper ersetzen. Die auf solche Weise erhaltenen Carbide der Erdalkali-Metalle können die verschiedenartigsten Anwendungen erfahren. Sie können durch einfache Wirkung von Wasser reines Acetylen liefern; bei dem Calciumcarbid ($C_2 Ca$) hat man Mischungen von Kohlenwasserstoffen wechselnder Zusammensetzung. So liefert beispielsweise 1 *kg* Calciumcarbid ($C_2 Ca$) etwa 440 *l* Acetylen. Da mit Hilfe des vorliegenden Verfahrens die Carbide im grossen für einen Gestehungspreis gewonnen werden, welcher abhängig ist von der notwendigen elektromotorischen Kraft, so kann man mit Rücksicht auf die herstellbaren grossen Mengen von Carbid auch ganz beträchtliche Mengen von Acetylen und unter gewissen Bedingungen auch Verbindungen von der Gruppe des Acetylens zu einem mässigen bezw. begrenzten Preis erzeugen. Man kann die Körper praktisch verwenden, so zur Herstellung von Dijodoform, von Cyanwasserstoffsäure, von Cyanverbindungen. Endlich kann das Acetylen auch zur Beleuchtung dienen; es polymerisiert sich unter der Einwirkung der Wärme und kann so eine Reihe von interessanten Verbindungen liefern, von denen das Benzol erwähnt werden mag. Es ist augenscheinlich, dass dieser Körper vielseitiger Anwendung fähig ist. Die bezüglich des Acetylens gegebenen Andeutungen zeigen die industrielle und technische Wichtigkeit bezw. Tragweite des den Gegenstand vorliegender Erfindung bildenden Verfahrens zur Herstellung von Alkalierd-Metallcarbiden. — Patent-Anspruch: Verfahren zur Darstellung von Kohlenstoffverbindungen der Erdalkali-Metalle, darin bestehend, dass man eine Mischung des Erdalkali-Metalloxyds, -Carbonats u. s. w. mit Kohlenstoff in einem elektrischen Ofen erhitzt.«

Bei aufmerksamer Betrachtung der geschichtlichen Vorgänge und des vorstehenden Patentes, wird man in jedem Falle zu der Überzeugung gelangen, dass das Patent haltlos war. Es ist überhaupt erstaunlich, wie das deutsche Patentamt ein Verfahren patentieren konnte, das lange vorher bekannt war. In patentrechtlicher Hinsicht war das Patent infolgedessen hinfällig. § 2 des deutschen Patentgesetzes vom 7. April 1891 bestimmt ausdrücklich: »Eine Erfindung gilt nicht als neu, wenn sie zur Zeit der auf Grund dieses Gesetzes erfolgten Anmeldung in öffentlichen Druckschriften aus den

letzten 100 Jahren bereits derart beschrieben oder im Inlande bereits so offenkundig benutzt ist, dass danach die Benutzung durch andere Sachverständige möglich erscheint. Die im Auslande herausgegebenen Patentbeschreibungen stehen den öffentlichen Druckschriften erst nach Ablauf von drei Monaten seit dem Tage der Herausgabe gleich, sofern das Patent von demjenigen, welcher die Erfindung im Auslande angemeldet hat oder von seinem Rechtsnachfolger nachgesucht wird.« — Diese Bestimmung ist auch auf die amerikanischen Patentschriften zu beziehen.

Nun ist Willson sein unterm 9. August 1892 in Amerika nachgesuchtes Patent am 21. Februar 1893 erteilt worden.

Hiernach bedarf es eigentlich weiter keines Beweises dafür, dass Bulliers Patent vom 20. Februar 1894, nachdem also Willsons Patent bereits achtzehn Monate vorher angemeldet und über ein Jahr seit dessen Erteilung verflossen war, hinfällig war und zu Unrecht bestand.

Bullier selbst hat in seinem Vortrage vor dem »Congrès international de chimie industrielle«, woselbst er Propaganda für sein Verfahren machte, wörtlich erklärt: »Bei den berühmten Versuchen, die Herr Moissan in seinem elektrischen Glühofen herstellte, bemerkte derselbe, dass die aus Kalk bestehende Ofenmasse bei der ausserordentlich hohen Erhitzung durch den elektrischen Lichtbogen an den Kohlenelektroden die Bildung eines Calciumcarbides von unbestimmter Zusammensetzung verursachte, welche Beobachtung er auch in einer Mitteilung an die Pariser Akademie im Dezember 1892 berichtete. Ich hatte Gelegenheit, Herrn Moissan bei seinen Versuchen zu assistieren und gewann bald die Überzeugung, dass ein Körper von beständiger und genau bestimmter Zusammensetzung, welcher, der wissenschaftlichen Berechnung entsprechend, einen Ertrag von 340 *l* Acetylen auf 1 *kg* liefern würde, von grösster Wichtigkeit für die Beleuchtungsindustrie sein müsste.«

Bullier sagt also selbst, dass die Entdeckung Moissans, soweit man von einer solchen überhaupt unter den dargelegten Umständen sprechen kann, über ein Jahr vor seiner Patentanmeldung bekannt war. Ferner ist Bullier ohne Zweifel auch das Patent Willsons vom 9. August 1892 bekannt gewesen. Bullier wusste, dass eine Bekanntgabe des Moissan'schen Verfahrens zur Carbiddarstellung einem Patente die notwendigste Vorbedingung, »die bisherige Nichtveröffentlichung«, nahm. Moissan hielt denn auch anscheinend solange mit seiner zweiten Mitteilung an die Pariser Akademie zurück, bis Bullier das Patent angemeldet hatte. Dies geschah am 20. Februar 1894 und am 5. März desselben Jahres teilte Moissan seine weiteren Beobachtungen mit. Bullier sagte

ferner mit Bezug auf das Willson-Patent: »Es erscheint schwer glaublich, dass unter diesen Bedingungen Calciumcarbid, welches doch nur durch Schmelzung entsteht, erzeugt wird«.

Obgleich es scheinbar ein Hindernis für die glatte Entwickelung der Calciumcarbid-Industrie und der Acetylenbeleuchtung ist, dass das Bullier-Patent bestand, so ist nicht zu verkennen, dass gerade dieses, auf so losen Füssen stehende Patent die Aufmerksamkeit der Industrie auf die Calciumcarbid-Darstellung gelenkt hat.

In Österreich-Ungarn, Italien, Frankreich kümmert sich keine Carbidfabrik um das Bullier-Patent; in der Schweiz besteht ein solches nicht; nur in Deutschland hat man sich zu Lizenzen an die Patentinhaber verstanden. Infolgedessen hatte eine süddeutsche Gruppe das Bullier-Patent angefochten, worauf noch weitere fünf Nichtigkeitsklagen folgten, die am 16. Juni 1898 vor dem Reichspatentamt zur Verhandlung kamen und mit der gänzlichen Nichtigkeitserklärung des Patentes endeten. Vorbesitzerin des Patentes war die »Carbid-Gesellschaft m. b. H. in Berlin«, der Siemens & Halske, die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft und das Bankhaus Jakob Landau angehörten. Diese Gesellschaft hat sich nach der Cedierung des Patentes (März 1897) aufgelöst.

Es ist erklärlich, dass sofort nach dem Bekanntwerden der billigen Darstellung von Calciumcarbid auch auf dem Gebiete der Acetylenerzeugung eine lebhafte Thätigkeit entwickelt wurde. Raoul Pictet blieb nicht bei der einfachen, gefahrlosen Entwickelung des gasförmigen Acetylens, sondern er suchte das Acetylen zu verflüssigen, um es auf diese Weise zu einem Handelsartikel zu gestalten. Man glaubte anfangs, dass es der Ausdehnung der Acetylenbeleuchtung sehr abträglich sein würde, wenn das Gas nur an Ort und Stelle des Verbrauches hergestellt wird, um sofort verbrannt zu werden. Durch das flüssige Acetylen war die Möglichkeit geboten, das Gas, den Brennstoff an der Erzeugungsstelle des Calciumcarbids herzustellen und im flüssigen Zustande an die Konsumenten abzugeben. Das flüssige (komprimierte) Acetylen wird in Stahlballons gleichwie die flüssige Kohlensäure versandt und ist nach Anschluss an die Leitung sofort gebrauchsfertig.

Die Gefährlichkeit des flüssigen Acetylens wurde erst den Beteiligten klar, als zahlreiche Explosionen durch dasselbe verursacht wurden, darunter mehrere in dem Laboratorium Pictets selbst, wobei mehrere Personen getödtet wurden. Als sodann am 11. Dezember 1896 eine neue, starke Explosion bei den Arbeiten mit flüssigem Acetylen zu Berlin in dem Laboratorium von Georg Isaak sechs Menschen tötete, ergriff das Publikum eine Panik, die einen Augenblick die Acetylenbeleuchtung dem Untergang nahe brachte. Als jedoch

eine grosse Anzahl hervorragender Gelehrter zu Gunsten des Acetylens ihre Stimme erhob, als man überall die Gefahrlosigkeit des gasförmigen Acetylens bewies und man nach und nach im Publikum das gasförmige Acetylen nicht mehr mit dem flüssigen verwechselte, brach endlich die eigentliche Epoche der Acetylenbeleuchtung an. Im April 1897 hatte bereits eine einzige Berliner Firma mehr als 170 Anlagen installiert, und zwar zu allseitiger höchster Zufriedenheit. Die Eisenbahnverwaltungen wendeten dem Acetylen ihre volle Aufmerksamkeit zu und als einer der ersten Züge wurde ein Schnellzug Paris-Metz der französischen Ostbahn mit Acetylen beleuchtet, welchem Versuche bald die »Schweizerische Nordostbahn« folgte. Auch die »Vereinigten Schweizerbahnen« beleuchten dauernd einen Früh- und Spätzug zur grössten Zufriedenheit. Die Direktion dieser Bahnen schrieb, dass sie mit dem Acetylengas eine fünfmal grössere Lichtmenge erziele wie mit Ölgas und fünfzehnmal helleres Licht wie mit Steinkohlengas. Die Lichtmenge des Acetylens entspricht pro Liter stündlichen Konsums, nach den Aufzeichnungen der genannten Direktion, $1^1/_2$ Kerzen bei Flammen von 24—26 Kerzen. Die Probebeleuchtungen der preussischen Eisenbahnen hatten gleichfalls sowohl mit reinem Acetylen, wie auch mit solchem, das mit Fettgas vermischt war, die denkbar günstigsten Ergebnisse, so dass der preussische Eisenbahnminister Thielen bei der Etatsberatung ausdrücklich hervorhob, dass die Acetylenbeleuchtung heute die billigste, einfachste, praktischste Beleuchtung sei, die für Eisenbahnen überhaupt in Betracht kommen könne. Anfang 1898 wurde definitiv die Beleuchtung sämtlicher preussischer Schnellzüge mit einem Gemisch aus Acetylen und Fettgas beschlossen. Inzwischen sind auch auf mehreren Omnibuslinien in Paris umfassende Versuche mit Acetylenbeleuchtung angestellt worden, die über alles Erwarten günstig verliefen. Auch auf mehreren australischen Eisenbahnen laufen einige Probewagen mit Acetylenbeleuchtung.

Doch nicht allein Einzelanlagen sind in rascher Zunahme begriffen, auch ganze Ortschaften führen das Acetylenlicht ein. So befassen sich u. a. die ungarischen Städte Totis, Neutra, Löcse, Gran, Vessprim, Maros-Vásárhely, Weisskirchen, Neuhäusel u. s. w. mit der allgemeinen Aufnahme der Acetylenbeleuchtung. Ferner in Deutschland die Städtchen Oliva, Ellerbeck, Schönsee, Strelitz in M. u. a. m. Zahlreiche Einzelfirmen und Gesellschaften haben sich dem neuen Industriezweige zugewandt. In Deutschland bestehen zur Zeit 34 Firmen, in der Schweiz 6, in Österreich-Ungarn 9, in Grossbritannien 16, in Frankreich 24, in Italien 5, in Spanien 3, in Russland 2, in Holland 3 und in Nordamerika 14 Firmen, die Acetylenbeleuchtung einrichten und auch Generatoren fabrizieren. Die Anzahl

der Patente und Gebrauchsmuster auf Acetylenentwickler beträgt heute bereits weit über 800, die Anzahl der erfundenen Acetylentischlampen mehrere Dutzend. Hierzu kommt eine beträchtliche Anzahl zugehöriger Erfindungen: Brenner, Regulatoren, Verschlüsse, Verbrauchsregistratoren, Reiniger u. s. w.

Bis Juli 1898 waren in Deutschland 62000 Flammen installiert. Rechnet man jede Flamme zu 40 NK Leuchtkraft, so ergiebt die gesamte Flammenzahl eine Lichtintensität von 2480000 NK. Angenommen, diese Flammen brennen fünf Monate hindurch täglich sechs Stunden, so sind pro Brennstunde 5787 *kg* Carbid zur Erzeugung des hierfür nötigen Acetylengases erforderlich und pro Jahr 5208 *t* Carbid. Da aber viel Carbid von weniger als 300 *l* Gasgehalt auf den Markt kommt, so kann man heute den deutschen Carbidbedarf mit rund 6000 *t* pro Jahr annehmen, ohne den Bedarf von vorläufig 3000 *t* der preussischen Bahnen.

Bei der Einführung von Acetylenbeleuchtung wurden von obigen 62000 Flammen 51000 Petroleumflammen, 5800 Fettgasflammen, 1100 Flammen verschiedener Beleuchtungsarten verdrängt, während man 4100 Acetylenflammen in Neuanlagen installierte. Ausserdem brannten Juli 1898 circa 2700 Mischgasflammen im Eisenbahnverkehr nach dem System Pintsch.

An Kapital repräsentierten allein die europäischen Carbid- und Acetylenfirmen, die Mitte des Jahres 1898 bestanden, ziemlich genau 38 Millionen Mark. Hierin sind die kleinen Fabrikanten nicht inbegriffen, sondern nur die grossen und mittleren Spezialfirmen.

Hieraus ist die überstürzende, rapide Entwickelung der Acetylenbeleuchtungstechnik zu ersehen. Wie aus den, in den folgenden Abschnitten erläuterten, technischen Darlegungen zu ersehen ist, hat das Acetylenlicht die vollste Berechtigung zu einer ausgedehnten Verbreitung, denn bis heute existiert keine Beleuchtung, die sich auf so eminent einfachem Wege, unabhängig von jeder Centralstation, überall in der einsamsten Hütte wie auf den Schiffen, in dem in den Lüften schwebenden Ballon wie in der dahinsausenden Eisenbahn, auf jedem Landgut, in allen vom Verkehr abgelegenen Orten, in Feldlagern, auf Forschungsexpeditionen wie in Fabriken, Wohnhäusern, auf Strassen und Plätzen herstellen lässt und bei Entwickelung eines beispiellos prächtigen, reinen Lichtes die denkbarste Billigkeit bietet.

1. Teil.

Das Calciumcarbid.

---

1. Die Carbide im allgemeinen.

Aus den vorangegangenen geschichtlichen Erläuterungen ist zu ersehen, dass wir es bei Calciumcarbid mit einem altbekannten chemischen Produkt zu thun haben. Da aber seine Herstellung zu teuer und mühsam war, so geriet es nach und nach in Vergessenheit. Erst gelegentlich der zahllosen Experimente mit den elektrischen Öfen gelang es, ein rationelles Herstellungsverfahren für Calciumcarbid zu erreichen, wodurch dessen ausgedehnteste industrielle Verwertung ermöglicht wurde.

Die elektrischen Öfen haben es ermöglicht, den Beweis zu erbringen, dass unter der Einwirkung einer intensiven Hitze, wie sie nur in gewissen Formen elektrischer Feuerungseinrichtungen erreicht wird, die alkalischen Erdmetalle desoxydiert und in bestimmte mehr oder minder beständige Verbindungen mit Kohlenstoff übergeführt werden können, wie dies auch bei Calcium der Fall ist. Hierdurch wurde der Industrie ein vollkommen neues Feld erschlossen. Wenn derartige Verbindungen, Carbide, auch schon lange bekannt sind, so war es doch bisher nicht möglich, dieselben im grossen herzustellen, aus dem Grunde, weil man nicht imstande war, die hierzu notwendigen Temperaturen zu erreichen.

Mit dem Ausdruck »Carbid« bezeichnet man also nichts anderes, als eine Verbindung des Kohlenstoffes mit anderen Elementen, insbesondere die Verbindungen des Kohlenstoffes mit den Metallen, wenn der Kohlenstoff auch mit einigen Metalloiden Carbide bildet. Das wissenschaftliche, wie das technische Interesse, das die Carbide seit dem Bekanntwerden ihrer verhältnismässig leichten Herstellbarkeit im elektrischen Ofen hervorriefen, ist bei der hervorragenden Bedeutung dieser grossen Gruppe chemischer Stoffe begründet. Bieten die Carbide einerseits einen willkommenen Anlass zur Erforschung der Erdbildung und der Beschaffenheit des tiefsten Erdinnern, so leiten sich andererseits hieraus Aufgaben ab, deren Lösung für die Industrie, für unsere ganze Volkswirtschaft von einschneidender Wichtigkeit sein können. Der elektrische Ofen setzt

uns in den Stand, alle jene Vorgänge, die sich Jahrtausende hindurch im Erdinnern unter Einwirkung ungeheurer Temperaturen abspielen, künstlich nachzuahmen, wir können uns ferner hierdurch zurückversetzen in jenes Zeitalter, als unsere Erde noch ein glühender Körper war und Oceane noch nicht entstanden waren. Es ist wahrscheinlich, dass in jener Periode chemische Verbindungen noch nicht vorhanden waren und diese erst mit der fortschreitenden Abkühlung des Erdballs gebildet wurden. Es ist anzunehmen, dass unter jenen ersten Verbindungen sich auch Metallcarbide befunden haben, von denen ein Teil nach dem Erstarren der Erdoberfläche von dieser eingeschlossen im Erdinnern unverändert blieb. Bestärkt wird diese Annahme durch das massenhafte Hervordringen von Sumpfgas (Methan) aus der Erde, welches künstlich durch die Verbindung von Metallcarbiden mit Wasser erzeugt werden kann. Mit dem Beginne all dieser Forschungen trat die Chemie in ein neues, ungeahnt grosses Gebiet ein, in das Gebiet der Chemie der hohen Temperaturen.

Die Gruppe der Carbide sondert sich in zwei Klassen: Metallcarbide und Carbide der Metalloide. Zu den ersteren sind zu zählen die Carbide der Metalle, zu den letzteren die Carbide von Silicium und Bor. Die Klassifizierung kann auch nach der Befähigung der einzelnen Carbide, bei gewöhnlicher Temperatur in Verbindung mit Wasser Kohlenwasserstoffe zu bilden, getroffen werden. Dies ist der Fall bei den Carbiden von Lithium, Natrium, Kalium, Aluminium, Beryllium, Mangan, Uran, Calcium, Strontium, Baryum, Cer, Lanthan, Yttrium, Thorium. Die Carbide von Chrom, Molybdän, Wolfram, Vanadium, Zirkonium, Titan, Silicium, Bor erzeugen hingegen bei gewöhnlicher Temperatur in Verbindung mit Wasser keine Kohlenwasserstoffe. Die erstere Kategorie kann man auch als unbeständige, die letztere als beständige Carbide bezeichnen.

Von den Metallen scheinen sich Gold und Zink mit Kohlenstoff nicht zu verbinden; wenigstens sind ihre Carbide derzeit nicht bekannt. Auch Silber und Kupfer bilden nur sehr schwer Carbide.

Es ist bemerkenswert, dass die nur unter dem Einflusse höchster Temperaturen vor sich gehende Bildung von Carbiden diejenigen Elemente beeinflusst, die weitaus den grössten Teil der Erdrinde ausmachen. Diese Umbildungen bezw. Verbindungen gehen im elektrischen Ofen nur teilweise vor sich, ein grosser Teil des Sauerstoffes verbleibt im ungebundenen Zustande. Nur Kohlenstoff verbrennt, wobei die Carbide und nicht Oxyde der alkalischen Erden die Grundformen der Verbindung sind. Bei einer niedrigeren Temperatur, nämlich der Glühhitze unserer Schmelzöfen, brennen nun

dieselben im elektrischen Ofen gebildeten Carbide, wenn sie freiem Sauerstoff oder der Luft ausgesetzt werden, zu Oxyden und Kohlensäure, und bei noch niedrigeren Temperaturen vereinigen sich diese beiden, um Carbonate zu bilden, deren Vertreter die Kreide und der Magnesiakalk sind, die einen so grossen Teil der Erdrinde bilden.

Die durch Verbindung der unbeständigen Carbide mit Wasser erzeugten Kohlenwasserstoffe sind sowohl gasförmig, wie auch flüssige und feste. Vornehmlich kommen die Kohlenwasserstoffe Acetylen (C_2H_2), Methan (CH_4), Äthylen (C_2H_4) in Betracht. Reines Acetylen ergaben die Carbide von Lithium, Calcium, Baryum, Strontium, Natrium, Kalium; reines Methan die Carbide von Aluminium und Beryllium; Gemenge von etwa drei Teilen Acetylen und einen Teil Methan mit etwas Aethylen liefern das Cer- und Lanthancarbid; Thoriumcarbid bildet mit Wasser zur Hälfte Acetylen, zur anderen Hälfte Methan, Äthylen, Wasserstoff (Methan im grossen Überschuss); Ytriumcarbid bildet zu $^3/_4$ Acetylen, zu $^1/_4$ Methan, Äthylen, Wasserstoff (Methan im starken Überschuss); Mangancarbid bildet mit Wasser zu ziemlich gleichen Teilen Methan und Wasserstoff, Urancarbid zu etwa $^3/_4$ Methan und $^1/_4$ Wasserstoff und Äthylen mit sehr wenig Acetylen.

Bei der Zersetzung des Urancarbides mit Wasser bemerkte Moissan, dass ungefähr zwei Drittel vom Gewicht des Kohlenstoffes, das im Urancarbid gebunden war, fehlten, und er fand die fehlende Menge in Form eines reichlichen Gemenges von flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen im Rückstand. Auch bei Cercarbid wurde die gleiche Beobachtung gemacht und teilweise auch bei Lanthancarbid. Aus 4 *kg* Urancarbid erhielt Moissan mehr als 100 *g* flüssige Kohlenwasserstoffe.

Diese Beobachtung hat auf den Gedanken geführt, dass die Petroleumbildung auf die Zersetzung von Metallcarbiden, die im Erdinnern unter Einwirkung höchster Temperaturen erzeugt werden, zurückgeführt werden kann. Indessen giebt es wahrscheinlich Petroleum verschiedenen Ursprunges.

Von den Carbiden hat das Calciumcarbid die grösste industrielle Bedeutung gewonnen. Neben diesem ist das Siliciumcarbid ein ausgedehntes technisches Gebrauchsmaterial unter dem Namen »Carborundum« geworden. Dasselbe hat nicht allein als vorzügliches Schleif- und Poliermittel weite Verwendung gefunden, sondern es scheint auch berufen zu sein, der Diamant der Zukunft zu werden. Moissan hat hiervon Stücke von der Härte 9 erzeugt, die einen prächtigen Glanz, sowie Strahlenbrechungsvermögen besitzen. Die österreichische Länderbank hat unter der Firma »Internationale Carborundum-Compagnie« grosse Carborundumwerke in

Benatek in Böhmen und in La Bathie in Frankreich errichtet. Die Carborundum Company am Niagara, der der Erfinder C. G. Acheson in Mononghahela (Pennsylv.) angehört, arbeitet mit 1000 PS.

Über eine neue Methode zur Herstellung von Carbiden berichtete Moissan an die Pariser Akademie und fasste dieselbe in folgenden Sätzen zusammen: Calciumcarbid reagiert geschmolzen energisch auf die Oxyde. Wenn das Metall selbst sich nicht mit Kohlenstoff vereinigt, wie Blei, Zinn, Wismut, so wird es in Freiheit gesetzt und kann dann abgeschieden werden oder es kann sich mit den vorhandenen Körpern verbinden, je nach den Versuchsbedingungen. Wenn das Metall oder Metalloid des Oxydes sich carburieren kann, so tritt mit geschmolzenem Calciumcarbid eine doppelte Zersetzung ein, nach der Formel: $RO + CaC_2 = RnC + CaO$, in welcher R irgend ein Metall und n eine variable Menge von C-Atomen darstellt. Moissan hat nach dieser neuen Methode krystallisierte und gut charakterisierte Carbide von Aluminium, Mangan, Chrom, Molybdän, Wolfram und Silicium darstellen können, welche Verbindungen er früher im elektrischen Ofen erhalten hatte, sei es durch direkte Vereinigung der zwei einfachen Körper, sei es durch Reduktion des Oxydes mittels Kohle.

2. Das Calciumcarbid im besondern.

Aus den eingangs dieses Abschnittes gegebenen Erläuterungen geht hervor, dass Calciumcarbid eine Verbindung von Calcium und Kohlenstoff ist, und zwar entsteht dieselbe, wenn man eine Mischung von gewöhnlichem Kalkstein (kohlensaurem Kalk $CaCO_3$) und Kohle einer sehr hohen Temperatur aussetzt. Der kohlensaure Kalk für sich allein zerfällt in der Hitze in Calciumoxyd (CaO) und Kohlensäure (CO_2), bei Gegenwart von Kohlenstoff bildet sich indessen Kohlenoxyd (CO) und Calciumcarbid. Das Kohlenoxyd entweicht gasförmig.

Die Formel für den Vorgang ist:

$$\underset{\text{Calciumoxyd}}{CaO} + \underset{\text{Kohlenstoff}}{3C} = \underset{\text{Calciumcarbid}}{CaC_2} + \underset{\text{Kohlenoxyd.}}{CO}$$

Während der Einwirkung des elektrischen Flammbogens auf den Kalk und die Kohle (Koks) wird der Sauerstoff (O) aus dem Kalk (CaO) ausgetrieben, wodurch Calcium (Ca) erzeugt wird und ein Teil des Kohlenstoffes (C) an Stelle des Sauerstoffes in das Calcium tritt, wodurch Calciumcarbid entsteht. Der aus dem Kalk getriebene Sauerstoff geht sofort mit dem von dem Calcium nicht aufzunehmenden Kohlenstoff eine Verbindung ein: es entsteht Kohlenstoffsauerstoff, d. h. Kohlenoxydgas (CO). Das Kohlenoxydgas ist bekannt-

lich unatembar, da es mit dem Blutfarbstoff eine Verbindung eingeht, die denselben unfähig macht, dem Organismus den ihm nötigen Sauerstoff zuzuführen. Daher die tötliche Wirkung des Kohlendunstes in geschlossenen Räumen (Kohlenoxydgas-Vergiftungen).

Calciumcarbid kommt nach den bisherigen geologischen Erfahrungen in der Erdrinde nicht vor. Es ist von schwarzer, grauer oder schwach rötlicher Farbe, brennt nicht, ist in guter Qualität steinhart und zerfällt an der Luft zu Pulver. Die rötliche Farbe des Carbids entsteht, wenn es mit einem Strome von hoher Spannung hergestellt wurde.

Die Struktur des Calciumcarbids ist krystallinisch. Der Bruch des harten, besonders des dunkelgrauen, ist regenbogenfarbig. Das specifische Gewicht des Calciumcarbids ist 2,22.

In allen Lösungsmitteln, Benzol, Petroleum, Schwefelkohlenstoff, ist es unlöslich. In Fluor beginnt das Calciumcarbid heftig zu glühen, wobei Fluorcalcium und Fluorkohlenstoff gebildet wird. Mit Chlor verbunden, tritt das Glühen des Carbids bei 245° ein. Hierbei entsteht Chlorcalcium. Jod und Brom wirken bei 305° bezw. 350° auf das Carbid. Wasserstoff ist ohne jeden Einfluss auf die Masse, desgleichen Stickstoff. In Sauerstoff erfolgt bei Dunkelrotglut Verbrennung des Carbids, wobei Calciumcarbonat gebildet wird. In Phosphordampf wird das Carbid unter Rotglut in Phosphorcalcium, in Schwefeldampf bei 500° in Calciumsulfid und Schwefelkohlenstoff, in Arsendampf in Arsencalcium übergeführt.

Die Einwirkung von Säuren ist im konzentrierten Zustande nur gering, stärker im verdünnten Zustande. Konzentrierte Salpetersäure reagiert nur unmerklich in Siedehitze, Schwefelsäure reagiert zwar bei gewöhnlicher Temperatur, aber ganz unerheblich unter anscheinender Absorption des Acetylens. Die im Handel übliche Schwefel- und Salpetersäure wirkt schneller auf das Carbid ein.

Auch gegen viele andere, sonst äusserst wirksame chemische Körper ist es indifferent und nur in Verbindung mit Wasser entwickelt es das Acetylen unter Bildung von Kalkhydrat als Rückstand nach der Gleichung:

CaC_2	+	$2H_2O$	=	$Ca(OH)_2$	+	C_2H_2
Calciumcarbid		Wasser		Kalkrückstand		Acetylen.

An freier Luft entsteht durch die Einwirkung der atmosphärischen Feuchtigkeit auf das Carbid Acetylen. Hierbei bleibt der Kalkrückstand auf den Carbidstücken haften, die dadurch ein helles Aussehen erhalten. Der Geruch des mit Luft in Berührung kommenden Carbids ist eine Folge dieser Acetylenerzeugung.

Das Calciumcarbid bot den ersten Anstoss zur näheren Untersuchung der Carbide. Diese Arbeiten wurden durch die Erfahrungen

mit den elektrischen Öfen wohl sehr gefördert, doch wurde man auch angeregt, nach Verfahren zu suchen, das Carbid ohne Zuhilfenahme des elektrischen Ofens herzustellen.

Hierauf beruhen die Methoden von Kiesewalter, Borchers und Bullier.

Nach dem Verfahren von Kiesewalter kann man Carbid auch in gewöhnlichen Retortenöfen herstellen, wenn man für diese Herstellung Öfen benutzt, mit denen man Temperaturen von 1300° C. bis 1500° C. erreichen kann. Um den Kalk für die Herstellung dieses Carbids leicht flüssiger zu machen, wird derselbe mit solchen Stoffen vermischt, die einerseits in der Glühhitze ihren Sauerstoff abgeben und den Kalk andererseits in der Glühhitze leichtflüssig machen, wie Beryll u. s. w., oder man setzt Salze hinzu, die nur die Leichtschmelzbarkeit des Kalkes erhöhen, wie Kali u. s. w. Nachdem der von seiner Kohlensäure durch Brennen befreite Kalk staubförmig zerkleinert worden ist, wird zu demselben staubförmig zerkleinerte Kohle hinzugesetzt, wobei zu beachten ist, dass je niedriger die Temperatur des zur Verfügung stehenden Ofens ist, eine um so grössere Menge Kohlenstaub zu der Mischung zugesetzt werden muss.

Nachdem beide Materialien genügend gemischt sind, wird zu dieser Mischung entweder Beryl, Magnesia u. s. w., oder Kali, Natron u. s. w. hinzugesetzt. Man kann zur Erhöhung der Schmelzbarkeit der Mischung auch Eisenerz zusetzen. Eine solche Mischung würde bei einem Ofen, bei welchem die Temperatur ca. 1500° C. beträgt, wie folgt zusammengesetzt sein:

Kalk 45 T., Kohle 45 T., Kali 10 T. oder

Kalk 20 T., Magnesia 20 T., Natron 5 T., Kohle 55 T.

An Stelle des reinen Kalkes kann man auch Dolomitkalk verwenden, auch können alle verwendbaren Materialien in Kombination untereinander zur Verwendung gelangen. In der Hauptsache muss erreicht werden, dass die Mischung in der zur Verfügung stehenden Temperatur schmilzt, wobei die Erdalkalimetalle ihren Sauerstoff abgeben, der sich mit einem Teile des der Mischung zugesetzten Kohlenstoffes zuerst zur Kohlensäure und bei nicht mehr genügender Abgabe von Sauerstoff zu Kohlenoxyd verbindet. Hört der Abgang von Kohlenoxyd aus der Retorte auf und zeigt sich die Mischung als eine rein weiss leuchtende Masse, so ist der Prozess beendet. Aller eingetragene Kohlenstoff hat sich mit den anderen Materialien zu Carbid verbunden. Die Zeit, innerhalb der diese Reaktion stattfindet, beträgt ca. 5—6 Stunden. Man kann den entstandenen neuen Stoff nicht Calciumcarbid nennen, weil die Herstellung desselben an Kalk wegen seiner Schwerschmelzbarkeit nicht gebunden

ist und daher ein grosser Zusatz von Kalk zur Mischung die Schwerschmelzbarkeit derselben hinaufrückt, so dass einerseits so hohe Temperaturen zur Anwendung kommen müssen, die in den Retortenöfen nicht erzielt werden können, da das Einbaumaterial derselben ihnen nicht widerstehen und andererseits dann auch der Schmelzprozess so in die Länge gezogen würde, dass die Fabrikation nicht unerheblich teurer würde.

Prof. Borchers ist mit seinem Verfahren bisher nicht an die Öffentlichkeit getreten, weshalb eine Beschreibung desselben nicht gegeben werden kann. Jedoch ist ihm auf der Neheimer Versuchsstation gelungen, Calciumcarbid ganz ohne Elektrizität zu erhalten. Wie er auf dem letzten Kongress der »Elektrochemischen Gesellschaft« mitteilte, gelangen die Versuche unter so ungünstigen Bedingungen und mit so ungünstigen Hilfsmitteln, dass er sich der Hoffnung hingab, zu Beginn des Jahres 1899 die erste ohne Elektrizität arbeitende Calciumcarbidfabrik in Betrieb zu haben. Vermutlich wird die direkte Verbrennungswärme unter Zuführung reinen Sauerstoffes angewandt oder das Erhitzungsverfahren Dr. Goldschmidts. Letzteres beruht vornehmlich auf der hohen Verbindungswärme des Aluminiums mit dem Sauerstoff, als dessen Quelle hierbei hauptsächlich Oxyde dienen.

Dr. Goldschmidt hat nach seinem Verfahren Chrom dargestellt, wozu eine Temperatur von 3000° C. erforderlich ist, die bisher nur im elektrischen Ofen erreichbar war. Zu dieser Darstellung, die Dr. Goldschmidt gleichfalls auf der letzten Jahresversammlung der »Deutschen Elektrochemischen Gesellschaft« vorführte, war etwas von einer Mischung von Chromoxyd und Aluminium in einen mit Magnesia ausgefütterten Tiegel eingefüllt. Zur Einleitung der Reaktion wurde eine Zündkirsche aufgelegt, die aus Aluminiumpulver und einem leicht Sauerstoff abgebenden Körper besteht, in der ein Stückchen Magnesiumband steckt, das angezündet wurde, worauf die Wärmeentwickelung vor sich geht. Bei diesem Versuche wurden 5 *kg* Chrom abgeschieden und es wurden hierbei 2000 Pferdekräfte entwickelt. — Ob sich, wie gesagt, das hochinteressante Erhitzungsverfahren für die praktische Calciumcarbidfabrikation eignet, entzieht sich noch der Beurteilung.

Der Vollständigkeit halber sei auch der Vorschlag von L. M. Bullier erwähnt, Carbid dadurch zu gewinnen, dass einem Bade von geschmolzenem Chlorcalcium 56 Teile Kalk und 36 Teile Kohlenstoff hinzugefügt werden, worauf das in einer Kohlenwanne enthaltene Bad der Elektrolyse unterworfen wird. Hierdurch wird das Chlorcalcium zersetzt, das freiwerdende Chlor bildet mit dem im Bade enthaltenen Kalk wiederum Calciumchlorid; das freigewordene Calcium

verbindet sich hingegen mit dem vorhandenen Kohlenstoff zu Calciumcarbid.

Dieses Verfahren ist ebensowenig, wie das von Amerika vorgeschlagene: Carbid im gewöhnlichen Hochofen darzustellen, praktisch auf rationelle Weise ausführbar.

3. Die Fabrikation von Calciumcarbid.

I. Die Rohstoffe des Calciumcarbids.

Betrachten wir zunächst kurz die beiden Grundstoffe des Calciumcarbids, so sehen wir, dass der Kalk die wichtigste aller alkalischen Erden (eine Verbindung des Calciums mit Sauerstoff) ist. Der Kalk findet sich in der Natur, trotz seiner Häufigkeit, nie rein. Er geht stets Verbindungen mit Säuren ein, und zwar in Verbindung mit Kieselsäure mit vielen Mineralien, mit Schwefelsäure im Gips, Alabaster, mit Phosphorsäure im Apatit, Phosphorocalcit, Tierknochen, mit Kohlensäure im Marmor, Kalkstein, körnigem Kalk, Kalkspat, Aragonit, in der Kreide, in den Muschelschalen, in den kalkigen Überzügen der Characeen u. s. w. Hierbei wird der Kalk oft von Magnesia begleitet. Magnesiahaltige Kalke der verschiedenen Formationen heissen Dolomite. Der eigentliche Gebrauchskalk wird durch Brennen in Schachtöfen mit intermittierendem oder kontinuierlichem Betriebe aus den natürlich vorkommenden kohlensauren Verbindungen dargestellt, indem durch Erhitzen die Kohlensäure ausgetrieben wird. Die Qualität des gebrannten Kalkes (Calciumoxyd) hängt teils von der Reinheit des dazu verwendeten Kalksteines, teils von der Art des Brennens ab. Die Hitze muss so stark anhaltend wirken, dass alle Kohlensäure ausgetrieben wird und der Kalk nicht mehr mit Säuren braust. Da gewöhnlicher Kalkstein aber in der Regel auch Kieselsäure, Thonerde u. s. w. enthält, so darf die Hitze aber nicht so weit getrieben werden, dass sich diese fremden Bestandteile mit dem Kalk chemisch vereinigen oder zusammenschmelzen. In solchen Fällen nennt man den Kalk tötgebrannt. Derselbe ist unbrauchbar. Der gebrannte Kalk ist das wasserfreie Oxyd des Calcium, eine weisse Masse, die an der Luft Wasser und Kohlensäure anzieht und hierbei zu Pulver zerfällt. Der gebrannte Kalk wird vornehmlich zum Polieren (Wiener Kalk), zum Reinigen des Leuchtgases, zu Kitten, zum Härten u. s. w. verwendet.

Übergiesst man gebrannten Kalk mit Wasser, so findet eine bedeutende Erhitzung statt und man erhält gelöschten Kalk. In beiden Fällen ist das Produkt ein Hydrat des Kalkes (Calciumhydroxyd), das aus 75 Teilen Calciumoxyd und 25 Teilen Wasser

besteht. Das Kalkhydrat lässt sich mit viel Wasser zu Kalkmilch zerteilen und bei gänzlicher Klärung entsteht Kalkwasser. An der Luft zieht das Kalkhydrat Kohlensäure an, es verliert hierdurch seine alkalische Reaktion und wird unauflöslich. — Die Erläuterungen über die Verwendung des Kalkes zur Calciumcarbidfabrikation folgt später.

Alle die oben genannten Kalkarten sind Salze des Calciummetalles (Ca). Calcium findet sich gediegen nirgends in der Erdrinde vor. Künstlich erhält man es durch Erhitzen von Jodcalcium mit Natrium im festverschlossenen Gefäss oder von Chlorcalcium mit Zink und Natrium und Abdestillieren des Zinks aus der entstandenen Zinkcalciumlegierung. Aus Chlorcalcium kann man es auch durch die Elektrolyse gewinnen. Es ist hellgelb bis silberweiss, stark glänzend, mit hakigem, etwas körnigem Bruch. Sein specifisches Gewicht ist 1,58, sein Atomgewicht 39,9; es ist so hart wie Kalkspat, hämmerbar, politurfähig, walzbar, schmilzt bei Rotglut, ist nicht flüchtig, hält sich an trockener Luft ziemlich gut, aber nicht an feuchter Luft und zersetzt das Wasser unter stürmischer Wasserstoffentwickelung. Verdünnte Säuren lösen es sofort auf, konzentrierte Schwefelsäure wenig, konzentrierte Salpetersäure gar nicht.

Bei Versuchen zur Feststellung, ob gelöschter oder ungelöschter Kalk vorteilhafter zu verwenden ist, gelangte man zu der Überzeugung, dass ungelöschter Kalk dem gelöschten vorzuziehen sei, da durch die notwendige Zerlegung des Calciumhydroxyds Kraftverlust entsteht. Der Rückstand enthält immer etwas kohlensauren Kalk, der jedoch nicht von Nachteil ist, wenn der erstere in noch heissem Zustande mit dem nötigen Quantum Kohle bezw. Koks vermengt und wieder in den Ofen gebracht wird. Ungelöschter Kalk hat den Vorteil, dass er weniger wiegt und weniger Raum einnimmt, als gelöschter, andererseits aber auch den Nachteil, dass er zerrieben werden muss und während der Einwirkung des Lichtbogens auf die Mischung häufigeres Schüren erforderlich ist.

Der zweite Grundstoff des Calciumcarbids ist die Kohle bezw. der Koks. Die Kohle ist nie identisch mit Kohlenstoff, sondern bildet den Übergang der primären organischen Materie, aus der sie hervorgegangen ist, zum Kohlenstoff. Ferner ist die Kohle noch eine kompliziert zusammengesetzte Materie, die ausser dem Kohlenstoff noch Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff in organischer Verbindung enthält. Werden der Kohle der Wasserstoff, Teer und die ihr innewohnenden Gase entzogen, so entsteht der Koks. Die Verkokung geschieht in Meilern oder Haufen, wie bei der Holzkohlengewinnung, oder in Öfen und Retorten. Die letztere Art ist die bei weitem verbreitetere. Die Einrichtung und Grösse der Öfen ist sehr verschieden. Bei einigen Konstruktionen entweichen die sich bildenden Gase un-

benutzt, bei anderen dienen diese zum Heizen der Öfen selbst, um besonderes Brennmaterial zu ersparen. Die Gase können auch zum Heizen von Dampfkesseln benutzt werden. In der Regel werden mehrere Koksöfen neben- oder übereinander angeordnet. Am besten eignen sich zum Verkoken fette, backende Sinter- und Backkohlen. Da in dem Koks die unverbrennlichen Teile zurückbleiben, so werden die Steinkohlen, aus denen bester Koks gewonnen werden soll, vorher besonders »aufbereitet«, d. h. sortiert, gewaschen, geschlemmt, damit das unverbrennliche schwere Gestein entfernt wird. Hierdurch kann der Aschegehalt des Koks bis auf 5% vermindert werden. Da der Koks um so dichter, schwerer, fester, also besser ist, je feiner die verwendeten Kohlen sind, so zerkleinert man die Kohlen vorher auf geeigneten Zerkleinerungsmaschinen. Je nach Einrichtung der Öfen fassen dieselben 750—5000 *kg* = $^3/_4$ bis 5 *t* Kohle, deren Verkokung 24 bis 48 Stunden dauert. In mehretagigen Öfen wird dieser Zeitraum auf vier Stunden ermässigt, während derselbe in Stadelöfen mehrere Tage dauert. In Ausnahmefällen baut man Öfen für eine tägliche Leistung von mehr als 10000 *kg* = 10 *t* Koks. Der aus dem Ofen gezogene Koks wird fast stets mit Wasser abgelöscht, seltener mit Asche gedämpft. Durch die Wasserzuführung in solchen Mengen, dass damit nur das Löschen bewirkt wird, tritt eine Gewichtsvermehrung von ca. 6% ein.

Guter Koks darf keine allzugrossen Blasenräume besitzen, seine Farbe muss schwarzgrau bis helleisengrau mit Metallglanz sein, Schwefel darf nur in ganz geringen Mengen enthalten sein. Der Durchschnittsgehalt des Koks ist: Kohlenstoff 85—92%, Asche 3—6%, Wasser 6—10%. Über 20% Wasser nimmt der Koks nicht auf. Guter Koks besteht aus festen, grossen Stücken, die beim Anschlagen klingen und zum mindesten $^1/_4$ *kg* wiegen. Der bei der Leuchtgasbereitung gewonnene Koks wird Gaskoks, der durch besondere Verkokung erzeugte Schmelzkoks genannt. Von deutschen Kohlen ergiebt die Saarkohle 57—65 Gewichts-Prozent, Ruhrkohle 60—76, Westfälische 59—71, Niederschlesische 65—70, Oberschlesische Kohle 55—70% Gewichts-Prozent Koksausbeute.

Zu berücksichtigen ist fernerhin, dass der Koks für Calciumcarbidfabrikation keinen hohen Aschegehalt aufweist, und zwar sind 10% als die höchste zulässige Grenze zu betrachten. Auch ist zu beachten, dass der Koks stets circa 20% Wasser enthält, während der Wassergehalt des Kalkes nur 7% beträgt. Bei der Veränderung des Mischungsverhältnisses ist der Prozentsatz an Koks etwas mehr zu steigern, wie der Prozentsatz an Kalk verringert wird.

Man ist auch versucht worden, an Stelle von Koks Holzkohle, Teer, Steinkohle, Anthracit, Pech, Harz, Asphalt

zu benutzen. Jedoch ergaben alle diese Stoffe ungünstigere Resultate wie Koks. Mit Steinkohle hergestelltes Carbid hatte eine sehr starke Schlackenkruste mit viel Graphit und ergab nur 240 *l* Acetylen. Mit Anthracit erreichte man ein Carbid, das zu seiner Darstellung nicht allein einen höheren Energieaufwand erforderte, sondern auch eine geringere Gasausbeute ergab, wie ein Kokscarbid. Das beste Carbid ergab eine Mischung von Kalk und Holzkohle. Letztere besitzt einen bedeutend geringeren Aschegehalt wie bester Koks. Jedoch ist sie zu leicht und wird infolge ihres unverhältnismässig grossen Umfanges durch die entstehenden Gase mitgerissen, sodass der Mischung circa 5 bis 10% mehr Holzkohle zugegeben werden muss, als an Koks nötig wäre. Ausserdem ist der Preis der Holzkohle in Betracht zu ziehen, der im Verhältnis zu dem erforderlichen Quantum ein wesentlich höherer ist, wie der Preis von Koks.

II. Betriebskraft.

Dampf- und Wasserkraft. Als Betriebskraft kommt nahezu ausschliesslich Wasserkraft für die Fabrikation von Calciumcarbid in Anwendung, soweit die Gewinnung im elektrischen Ofen erfolgt. Doch ist auch Dampfkraft namentlich in letzter Zeit für die Zwecke der Carbidfabrikation aufmerksam gewürdigt worden.

Die Vorbedingung für die Anwendung von Dampfkraft ist in erster Linie billiges Brennmaterial. Hierbei hat man erklärlicherweise Braunkohlen in Betracht gezogen, doch kann nur solche in Frage kommen, die einen möglichst hohen Heizeffekt besitzt. Der Preis dieser Kohle darf pro 100 *kg* 30 ₰ ab Grube nicht übersteigen, die Fracht muss sehr minimal sein, was wieder günstige Transportverhältnisse voraussetzt, damit die Kohle bequem und mit wenig Kosten direkt in die Fabrik gefahren werden kann. Ein zweiter wesentlicher Punkt ist das Vorhandensein geeigneten Kesselspeisewassers.

Das täglich nötige Quantum Brennstoff für eine Kesselanlage kann man folgendermassen feststellen: 1 *kg* Braunkohle erzeugt stündlich bei gewöhnlicher Beanspruchung des Kessels 3 *kg* Dampf, 1 *kg* Steinkohle unter gleichen Verhältnissen 8 *kg*, 1 *kg* Torf 2,75 *kg*, 1 *kg* Koks 7 *kg* und 1 *kg* Holz 4 *kg* Dampf. Für die gebremste Pferdekraft verbrauchen durchschnittlich in der Stunde an Dampf:

Auspuffmaschinen	16	bis	40 *kg*,
Eincylindermaschinen mit Kondensation .	9	»	16 »
Zweicylindermaschinen » » .	7	»	10 »
Compoundmaschinen	9	»	13 »
Dreifach-Expansionsmaschinen	8	»	12 »

Nehmen wir Braunkohle als Brennstoff für Dampfkessel und Compoundmaschinen als Betriebsmaschinen an, so ergiebt sich, wenn wir den Durchschnitt des erforderlichen Dampfes pro Pferdestärke mit 12 *kg* annehmen, für ein Werk von 2000 PS ein täglicher 24stündiger Brennstoffbedarf an Braunkohle von

$$\frac{12 \cdot 2000 \cdot 24}{3} = 192000\ kg = 192\ t.$$

Bei einem Preise von 3 ℳ pro Tonne ergiebt dies pro Tag bei 24stündigem Betriebe 576 ℳ Unkosten und pro Jahr bei 350 Arbeitstagen $350 \cdot 576 = 201\,600$ ℳ.

Eine Wasserkraft kostet unter normalen Verhältnissen etwa 50 ℳ pro Pferdestärke und Jahr, folglich die gleiche Kraft wie oben $2000 \cdot 50 = 100\,000$ ℳ. Hieraus ist die entschiedene Überlegenheit der Wasserkraft zu ersehen. Noch bedeutender fällt diese Thatsache ins Auge, wenn Steinkohle, selbst unter den günstigsten Verhältnissen, z. B. bei unmittelbarem Verbrauche in einem der Kohlenbezirke, als Brennmaterial in Betracht gezogen wird. Die Tonne Steinkohlen kostet ab Grube zur Zeit 9 ℳ. 1 *kg* Steinkohle erzeugt stündlich 8 *kg* Dampf. Nehmen wir bei Compoundmaschinen den Dampfbedarf pro Pferdestärke und Stunde wiederum mit 12 *kg* an, so brauchen wir in 24 Stunden an Steinkohlen zur Erzeugung des nötigen Dampfes für 2000 PS

$$\frac{12 \cdot 2000 \cdot 24}{8} = 72000\ kg = 72\ t \text{ Kohlen.}$$

Die Tonne zu 9 ℳ gerechnet, ergiebt eine Tagesausgabe für Brennmaterial von $72 \cdot 9 = 648$ ℳ und pro Jahr $350 \cdot 648 = 226\,800$ ℳ, gegenüber 100 000 ℳ für eine gleich grosse Wasserkraft. Wenn indessen dieser Verkaufspreis der Kohle durch Selbsterstellung eines Carbidwerkes seitens der Grubenbesitzer oder durch Ankauf eines genügend grossen Kohlenbergwerkes auf circa 2 ℳ für Braunkohle und 7 ℳ für Steinkohle ermässigt werden kann, so würden sich die Jahresausgaben auf 133 400 ℳ bezw. 176 400 ℳ für Brennstoffe reduzieren, jedoch ist hierbei zu erwägen, dass wenn gleich günstige Umstände für eine Wasserkraft vorliegen, sich diese auch ganz erheblich im Preise ermässigt. So ist eine grosse Wasserkraft bekannt, die für ein Carbidwerk ausgebaut wird und nur 20 ℳ pro Jahr und Pferdestärke kostet; die in Anschlag gebrachten 2000 PS stellen sich hier also nur auf 40000 ℳ pro Jahr gegenüber 133 400 ℳ bei Braunkohlen- und 176 400 ℳ bei Steinkohlenfeuerung.

An Speisewasser bedürfen beste Dampfmaschinen 6 bis 10 *kg*, weniger gute bis 30 *kg* pro Pferdestärke und Stunde.

Aus obigen Zahlen für die Krafterzeugung soll aber keineswegs der Beweis hergeleitet werden, dass Carbidwerke mit Dampfbetrieb

unrentabel sind; sie werden nur von den Carbidwerken mit Wasserkraft hinsichtlich der Rentabilität weit überflügelt.

Auch die Wasserkraft hat neben ihren Vorteilen Nachteile. Letztere bestehen in der Hauptsache in den Schwankungen der Wassermenge, wodurch ein konstanter Betrieb nicht immer durchführbar ist. Ein anderer Nachteil der Wasserkräfte ist der, dass man von ihrer Lage vollständig abhängig ist. Das Gegenteil bei Dampfkraft! Dieselbe kann an einem beliebigen Orte zur Erzeugung und Verwendung gelangen, wobei man nicht mit oft sehr mangelhaften Verkehrsverhältnissen zu rechnen hat, wie das bei Wasserkräften vielfach der Fall ist.

Die Wasserkraft hängt von der in der Zeiteinheit zufliessenden Wassermenge und dem Gefälle dieser Wassermenge ab. Unter Wassermenge versteht man das mehr oder weniger veränderliche Wasservolumen, das in einer Sekunde den Querschnitt eines Wasserlaufes durchfliesst. Unter dem Gefälle versteht man den Höhenunterschied zwischen dem Ober- und Unter-Wasserspiegel, den die nutzungsberechtigte Strommenge bestimmt.

Die Geschwindigkeit einer Wasserkraft wird bestimmt durch den Schwimmer, durch den Voltmann'schen Flügel oder die Pilot-Darcy'sche Röhre. Als Schwimmer kann man eine teilweise mit Sand gefüllte Flasche benutzen, deren oberes Halsende mit einem deutlich sichtbaren Merkmale über den Wasserspiegel herausragt, oder man verwendet einfach ein Stück längliches Holz. Man wirft an einer bestimmten Stelle den Schwimmer in den Fluss und lässt ihn bis zu einem bestimmten Punkte schwimmen. Die Zeit während welcher er die Strecke zurücklegt, wird in Sekunden festgestellt. Legt beispielsweise der Schwimmer in 200 Sekunden einen Weg von 300 *m* zurück, so beträgt die Geschwindigkeit des Wasserlaufes $300 : 200 = 1{,}5$ *m*. Da die Geschwindigkeit in der Mitte des Wasserlaufes grösser als an den Seiten ist, so nimmt man von der ermittelten Geschwindigkeit nur $^4/_5$ des Wertes, wodurch sich also obige Geschwindigkeit auf 1,2 *m* verringert.

Das Gefälle wird mittels Nivellierinstrumente oder mittels barometrischer Höheninstrumente (Quecksilber-Metallbarometer) gemessen. Der Querschnitt des Wasserlaufes wird durch Multiplikation der Tiefe mit Breite ermittelt. Bei unregelmässigem Wasserbett lotet man die Tiefe an mehreren, an einer von einem Ufer zum anderen gespannten Schnur entlang festgestellten Stellen ab, multipliziert die Entfernung einer Stelle von der anderen mit der betreffenden Tiefe des Wassers und addiert die erhaltenen Werte zusammen, die nun den Querschnitt ergeben. — Die Wassermenge wird bestimmt durch Multiplikation von Querschnitt und Geschwindigkeit des Wasserlaufes. Beträgt

z. B. der Querschnitt 5 *qm* und die Geschwindigkeit 1,2 *m*, so fliesst in einer Sekunde eine Wassermenge von $5 \cdot 1,2 = 6$ *cbm* oder 6000 *l* vorbei.

Nun ist auch die Wasserkraft leicht zu berechnen, und zwar ist diese gleich dem Produkt des Gefälles und der sekundlichen Wassermenge. Das Gefälle betrage beispielsweise 6 *m*, die Wassermenge 6000 *l*, so ist die disponible Kraft $6 \cdot 6000 = 36000$ *mkg*. Da eine Pferdekraft zu 75 *mkg* gerechnet wird, so ergiebt sich der absolute Effekt mit $36000 : 75 = 480$ PS.
Der mit 70% bewertete Nutzeffekt ist sonach $0,70 \cdot 480 = 336$ PS.

Ein Kubikfuss Wasser pro Sekunde bei 11 Fuss Gefälle repräsentiert 1 PS. Die Pferdestärke ändert sich unmittelbar mit dem Gefälle und unmittelbar mit dem Wasservolumen. Wird das Gefälle verdoppelt, so verdoppeln sich die Pferdestärken und ebenso verdoppeln sich die Pferdestärken bei einer Verdoppelung des Volumens, verdoppelt man also beide, so vervierfacht sich die Pferdestärke.

Die Ausnutzung der Wasserkraft erfolgt durch Wasserräder und durch Turbinen. Erstere sind wegen ihrer niedrigen Tourenzahl zum Antrieb der Dynamos wenig geeignet und erfordern teure Transmissionsanlagen. Hinsichtlich der Wahl der Turbinen ist zu bemerken, dass es natürlich keine bestimmte, allen Wasserverhältnissen rationell entsprechende Type giebt. Die Wahl der Turbinen richtet sich nach drei Punkten: Unveränderliche Wassermenge, veränderliche Wassermenge und veränderlicher Unterwasserspiegel und ferner geringe Wassermenge bei bedeutendem Gefälle. Je nach dieser Beschaffenheit der Wasserkraft wird man Reaktionsturbinen (Jonval) eventuell mit Saugrohr, Aktionsturbinen mit geformtem Strahl (Grenzturbinen), Aktionsturbinen mit freiem Strahl (Girard) oder Grenzturbinen mit geringem Überdruck anwenden. Je nach dem Zufluss des Wassers zum Turbinenrad unterscheidet man Axialturbinen, bei denen das Wasser in der Richtung der Axe zuströmt, und Radialturbinen, bei denen dasselbe in radialer Richtung den Turbinenschaufeln zufliesst. Letztere Turbinen kommen nur wenig zur Verwendung. Eine offene Axialturbine von H. Queva & Co. in Erfurt veranschaulicht Fig. 1, während Fig. 2 eine geschlossene Axialturbine derselben, auf dem Gebiete des Turbinenbaues sehr

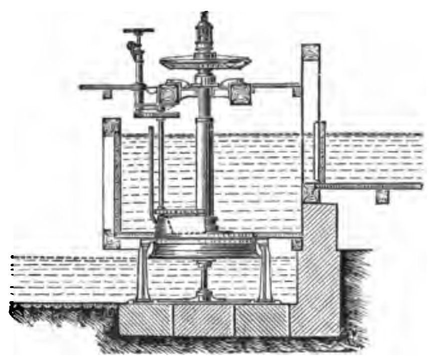


Fig. 1.

bekannten Firma darstellt. Ausserdem unterscheidet man auch Voll- und Partialturbinen, je nachdem der volle Kreisumfang oder nur ein Teil desselben beaufschlagt wird, und endlich Hochdruck-, Mitteldruck- und Niederdruck-Turbinen, je nach dem Gefälle und dem daraus resultierendem Druck des Betriebswassers.

Hochofengase. Nächst der Wasser- und Dampfkraft trägt man sich in jüngster Zeit ernstlich mit dem Gedanken der Ausnutzung der Hochofengase für Carbidanlagen, zudem in den betreffenden Gegenden reichliche Kohlenlager vorhanden sind und auch genügende Mengen Kalk auf billige Weise herbeigeschafft werden können.

An Stelle der Turbinen bezw. Dampfmaschinen würden in diesem Falle die Gasmaschinen treten. Die Schwierigkeiten, die das Hochofengas seiner Anwendung in Gasmaschinen entgegenstellt, bestehen in dessen Armut an brennbaren Gasen und dem Gehalte an ganz fein verteilten Metallen und Verbindungen, die aus den Gasen durch trockene, nasse oder andere Arten von Reinigung nur sehr schwer abzuscheiden sind.

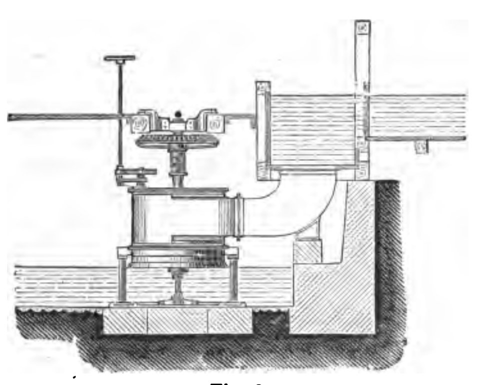


Fig. 2.

Die erste bedeutendere Nutzbarmachung dieser Kräfte hat vor etwa zwei Jahren auf den Cockerill-schen Eisenwerken in Seraing begonnen. Die Kraftmaschine, die durch die den Hochöfen entweichenden Gase gespeist wird, hat sich so gut bewährt und die Erfolge sind so günstige, dass man sich entschloss, jetzt zwei Gaskraftmaschinen von je 150 PS aufzustellen. Eine ökonomischere Verwendung der Hochofengase dürfte bis jetzt schwerlich irgendwo stattgefunden haben. Ausser in den Cockerill'schen Werken hat man auf dem Hörder Werke in Hörde eine Hochofen-Gasmaschine in in Betrieb gesetzt, über die Resultate noch nicht vorliegen. Eine weitere Anlage befindet sich in Wishaw in Schottland, wo die mit Gichtgasen gespeiste Maschine eine Dynamo für Beleuchtungszwecke antreibt. Die Maschine hat einen Cylinder von 30 *cm* Durchmesser und einen Kolbenhub von 50 *cm*. Die Zusammensetzung des zur Verwendung kommenden Gases ist nach Volumprozenten:

CO	CO_2	H	CH_4	N
Kohlenoxyd	Kohlensäure	Wasserstoff	Methan	Stickstoff
25,33	7,21	4,55	3,45	58,95

Zwei Versuche ergaben einen Verbrauch von 89,6 bezw. 95,72 Kubikfuss Gas pro Stunde, entsprechend einem Kohlenverbrauche von 1,54 bezw. 1,65 Pfund pro Stunde und effektive Pferdekraft. Durch eine Aenderung an den Ventilen der Maschine wurde ermöglicht, dass auch minderwertiges Gas verwendet werden konnte. Man erzielte mit diesem 20 effektive Pferdestärken bei einem stündlichen Verbrauche von 1885 Kubikfuss. Die gleiche Menge Leuchtgas würde 28 PS ergeben. Es ist also hieraus zu ersehen, dass die sonst nutzlos verpuffenden Gichtgase für motorische Zwecke wohl vorteilhaft zu verwenden sind, falls ihre Reinigung gut bewirkt wird. Der Verfasser hat hinsichtlich der Carbidfabrikation dieser Betriebskraft volle Aufmerksamkeit gewidmet und ist zu direkten Auskünften hierüber wie auch über die Kraftausnutzung von Ebbe und Flut und Windmotoren gern bereit.

Einer Anregung, die Dr. Frank bezüglich der Kraftbeschaffung machte, sei hier schliesslich gleichfalls gedacht. Er wies auf die unerschöpflichen Torflager in Ostfriesland hin, die sowohl zur Krafterzeugung bei passender Generatorfeuerung keinerlei Schwierigkeiten bereiten, wie auch zur Ersetzung des Koks dienen können. In den schwach bevölkerten Moorgebieten besteht bisher keinerlei Industrie und ebenso sind alle Versuche, die dortigen, zum Teil 15—20 *m* mächtigen Torflager, die eine Fläche von vielen Quadratmeilen bedecken, als Brennstoffe zu exportieren, vergeblich gewesen, weil der Heizwert des Torfes, namentlich im Vergleich zur Steinkohle, die im benachbarten Westfalen gewonnen wird, ein so geringer ist, dass er die Konkurrenz mit letzterer nicht bestehen kann. Gelänge es dagegen, im Moorgebiete selbst eine Industrie zu schaffen, die die grossen Massen billiger und geringwertiger Brennstoffe an Ort und Stelle konsumieren kann und die daraus gewonnene Kraft gewissermassen in eine konzentrierte versandtfähige Form bringt, so wäre eine lohnende Erschliessung und Ausnutzung dieser weiten Moorgebiete geschaffen, die nicht nur für sie selbst, sondern auch für ganz Deutschland grösste Bedeutung gewinnen kann. In der Gewinnung von Calciumcarbid scheint ein solches Mittel umsomehr geboten zu sein, als sich auch der hierfür nötige Kalkstein an der mittleren Ems bei Rheine in mächtigen Lagern findet. Die elektrische Energie, die zur Schmelzung und Gewinnung von 1 *t* Carbid nötig ist, erfordert einen Aufwand von 30 *t* Torf, d. h. man kann die Heizkraft von 30 *t* Torf in 1 *t* Carbid konzentrieren und somit die Transportkosten des Torfes auf den 30. Teil vermindern. Man würde hiernach unter Benutzung der jetzt geschaffenen guten Kanäle in der Lage sein, die Fabrikation des Carbids direkt an der Gewinnungsstelle des Torfes in Angriff zu nehmen, ohne den Preis des Brenn-

stoffes durch grosse Auslagen für Gewinnung u. s. w. zu belasten. Über den Wert des aus Torf hergestellten Koks sagt Frank, dass die Hitzeentwickelung desselben ungefähr einem Drittel mittelguter Steinkohle entspricht und annähernd Dreiviertel so gross ist, wie diejenige norddeutscher Steinkohle. Mithin wäre ein Quantum Torf von 40 Millionen Tonnen gleichwertig 13 Millionen Tonnen Steinkohlen oder 30 Millionen Tonnen Braunkohlen. Die gesamte deutsche Steinkohlenförderung betrug nun nach den letzten statistischen Zahlen 90 Millionen Tonnen pro Jahr und die Braunkohlenförderung einige 20 Millionen Tonnen, sodass hiernach ein Masstab für die Bedeutung so grosser Torflager gegeben ist.

Elektrische Energie. Für Carbidfabrikation eignet sich im allgemeinen Gleich-, Wechsel- und Drehstrom in fast gleich guter Weise.

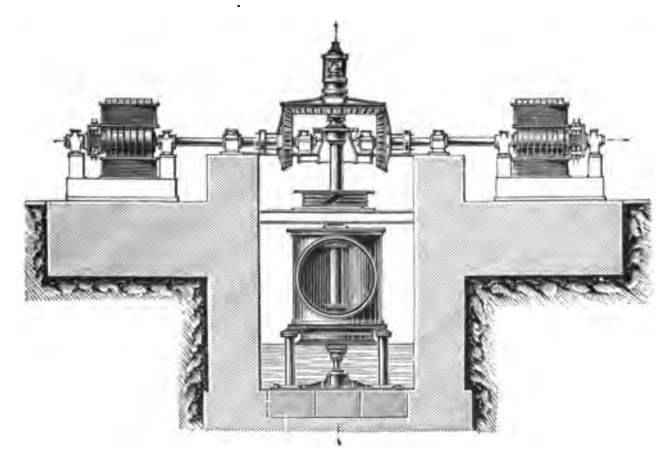


Fig. 3.

Gleichstrommaschinen werden wegen ihres grösseren Umfanges im Verhältnis zu der durch sie zu erzeugenden Energie teurer wie Wechsel- und Drehstrommaschinen. Letzteren hat man für grössere Carbidwerke am häufigsten den Vorzug gegeben. Ist die nutzbare Kraftquelle von dem Fabrikationsorte zu weit entfernt, um Riemen- oder Seiltransmissionen anwenden zu können, so steht der elektrischen Kraftübertragung auf übliche Weise ein Hindernis nicht entgegen. Die Verbindung der Antriebsmaschinen mit den elektrischen richtet sich nach örtlichen Verhältnissen. Den grössten Wirkungsgrad erreicht man unzweifelhaft durch direkte Kuppelung der Dynamos mit der Welle der Turbine oder der Dampfmaschine (Turbinen-, Dampf- oder Gasdynamos). Drei verschiedene Anordnungen von H. Queva & Co. in Erfurt bieten hierfür die Fig. 3 (geschlossene Axialturbine

mit zwei Dynamos), Fig. 4 (geschlossene Axialturbine mit vertikaler Kuppelung der Dynamo) und Fig. 5 (Partial-Radialturbine mit horizontaler Kuppelung der Dynamo). Die erforderliche Tourenzahl muss in diesem Falle natürlich bei dem Antriebsmotor erreichbar sein. Ist dies nicht der Fall, so muss man den Ausgleich durch Vorgelege mit geeigneten Übersetzungsverhältnissen schaffen. Hierdurch wird aber nicht allein der

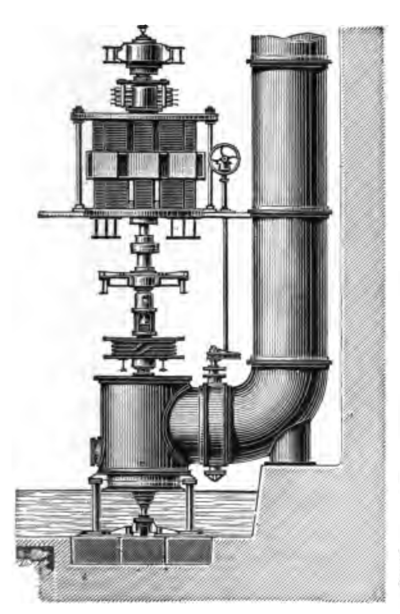


Fig. 4.

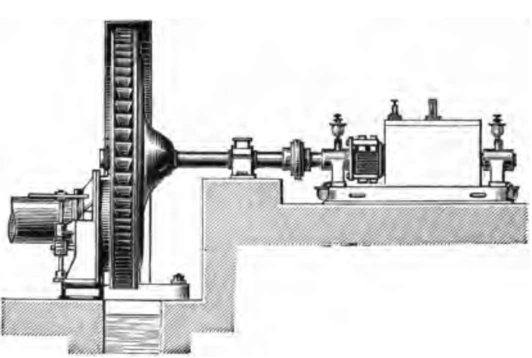


Fig. 5.

Wirkungsgrad der Antriebsmotoren mitunter sehr wesentlich herabgemindert, sondern auch nicht unerhebliche grössere Anschaffungskosten sind unvermeidlich. Vom Standpunkte der Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit betrachtet, ist die indirekte Kuppelung der Dynamos mit den Antriebsmotoren, wie dies z. B. Fig. 6 zeigt, der direkten Kuppelung vorzuziehen.

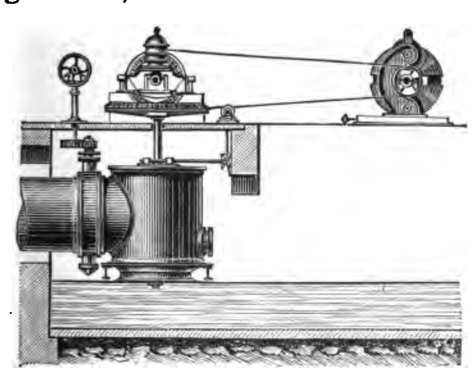


Fig. 6.

Handelt es sich um kürzere Entfernungen zwischen dem Standorte der Antriebsmotoren und den Dynamos, so erfolgt die Kraftübertragung durch Riemen oder Seile. Letztere können sowohl Hanf- als auch Drahtseile sein. Grössere Entfernungen der Dynamos von den Öfen haben den mit der Grösse der Entfernung wachsenden

Verlust an elektrischer Energie im Gefolge, da mit der Länge des Leiters auch der Widerstand wächst, der dem Durchgange des elektrischen Stromes entgegengesetzt wird.

Die Berechnung einer elektrischen Kraftübertragung geschieht, wie folgt: Es sollen auf eine bestimmte Entfernung x Pferdestärken übertragen werden. Man berechnet zunächst die elektrische Leistung des Krafterzeugers in Voltampère (VA) oder in Kilowatt (1000 Voltampère = 1 Kilowatt), auf der Grundlage von 0,736 Kilowatt bezw. 736 Voltampère. Die in der Dynamo aufzuwendende Energiemenge ist im Verhältnis $\frac{100}{90}$ bis $\frac{100}{85}$ grösser, wonach der Effekt $= \frac{100}{90}$ bis $\frac{100}{85} \cdot 0{,}736$ Kilowatt ist. Sollen beispielsweise 1500 PS auf 2 *km* übertragen werden, so haben die Dynamos eine Leistung von $1500 \cdot 0{,}736 = 1104$ Kilowatt aufzuweisen. An den Klemmen der Dynamo gemessen, muss nach obiger Angabe der Effekt von $\frac{100 \cdot 1104}{90} = 1226{,}6$ Kilowatt eintreten. Rechnen wir von diesem Effekt 20% Leitungsverlust (rund 225 Kilowatt), so muss die elektrische Maschine $1226{,}6 + 225 = 1451{,}6$ Kilowatt liefern. Nun entsteht aber ein weiterer Verlust im Transformator. Ist der Transformationskoëffizient = 90%, so muss die Dynamo $\frac{100 \cdot 1451{,}6}{90} =$ rund 1613 Kilowatt leisten, die rund 2192 PS thatsächlich leisten um 1500 PS = 1104 Kilowatt an den elektrischen Öfen zur Verfügung zu haben.

Es würde über den Rahmen des Buches hinausgehen, wenn auch die Berechnung der verschiedenen Leitungen aufgenommen würde, desgleichen muss von Erläuterungen und Berechnungen der übrigen Einrichtung, ausser Öfen und Zerkleinerungsanlage, abgesehen werden. Für solche Fälle, Voranschläge und Ausarbeitung von Projekten steht der Verfasser gern direkt zu Diensten.

III. Die Zerkleinerungsanlage.

Die Zerkleinerung der Rohmaterialien ist trotz ihrer technischen Einfachheit für eine rationelle Carbidfabrikation von grosser Wichtigkeit, und man ist bestrebt, nach den gemachten Erfahrungen, dieselbe speziell für die Carbidfabrikation auszubilden. Im Anfang dieser Industrie widmete man diesem Zweig derselben wenig Aufmerksamkeit, nach und nach kam man aber immer mehr zu der Überzeugung, dass auf eine vorteilhafte Carbidgewinnung eine geeignete Zerkleinerungseinrichtung von intensivem Einfluss ist.

Zu der Zerkleinerungsanlage gehören nicht allein die Maschinen zum Zerkleinern des Materials, sondern auch die Mischvorrichtungen und die Einrichtung zur Zuführung der gemahlenen Rohstoffe in die elektrischen Öfen. Hieraus ist die Notwendigkeit einer sorgfältigen Durchbildung dieser gesamten Anlage zu ersehen, denn von ihr hängt die ganze Vorarbeit ab. Wird diese nicht mit dem nötigen Verständnis ausgeführt, so wird selbst bei den besten elektrischen Öfen eine solche Carbidfabrikation die mögliche Rentabilität nicht erreichen, ganz abgesehen davon, dass eine unsachgemässe Zerkleinerung und Mischung minderwertiges, ungleiches Carbid hervorbringt. — Zum Zerkleinern der Rohstoffe werden Walzmühlen, Steinbrecher, Kollermühlen und Kugelmühlen verwendet. Die Meinungen darüber, ob Walzmühlen oder Steinbrecher (Fig. 7) und namentlich ob Kugel- oder Kollermühlen vorteilhafter anzuwenden sind, gehen gegenwärtig noch weit auseinander. Bei den Kugelmühlen erfolgt, wie aus der beistehenden Abbildung (Fig. 8 Querschnitt, Fig. 9 Längsschnitt) einer solchen der Maschinenbau - Anstalt »Humboldt« in Kalk ersichtlich ist, die Zerkleinerung durch Schlag, bei den Kollermühlen jedoch durch Quetschung.

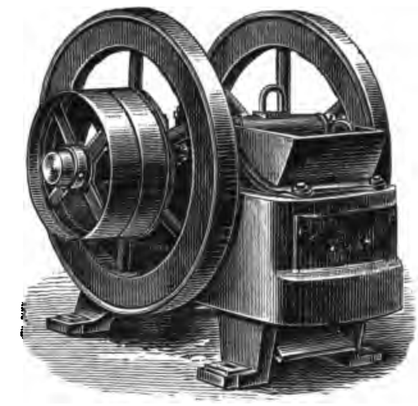


Fig. 7.

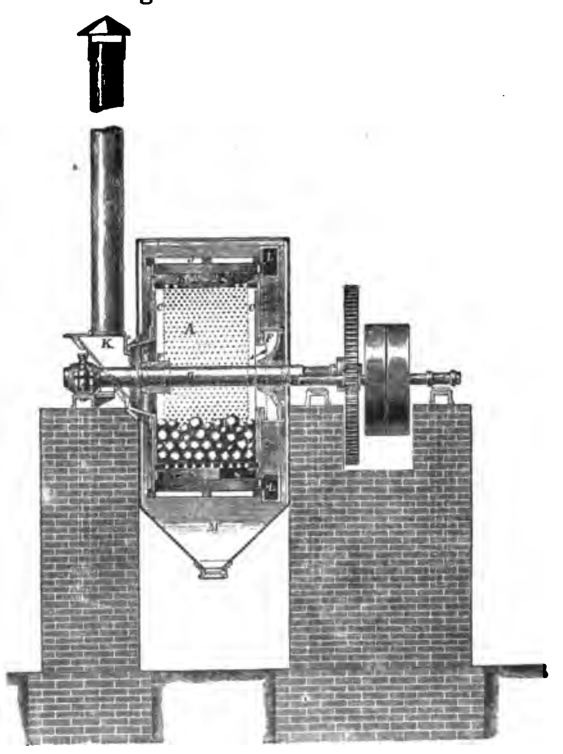


Fig. 8.

Die Mahltrommel A der Kugelmühle, deren Mantel aus gelochten Stahlgussplatten B zusammengesetzt ist, und deren schmiedeeiserne, auf den Innenseiten mit Stahlgussplatten belegte Stirnwände C an gusseisernen Naben F befestigt sind, ist auf einer schmiedeeisernen Achse G, welche in zwei Lagern gelagert ist, aufgekeilt. Um die Mahltrommel sind zwei Siebe H und J konzentrisch befestigt, von denen das innere Sieb H mit grober Lochung zum Schutze des äusseren Siebes J mit feiner Lochung dient. Im Innern der Mahltrommel ist eine Anzahl Stahlkugeln, welche das durch die eine Nabe der Stirnwand mittels eines Trichters K eingebrachte Mahlgut beim Rotieren der Mahltrommel zerdrücken und zerreiben. Durch die Lochung

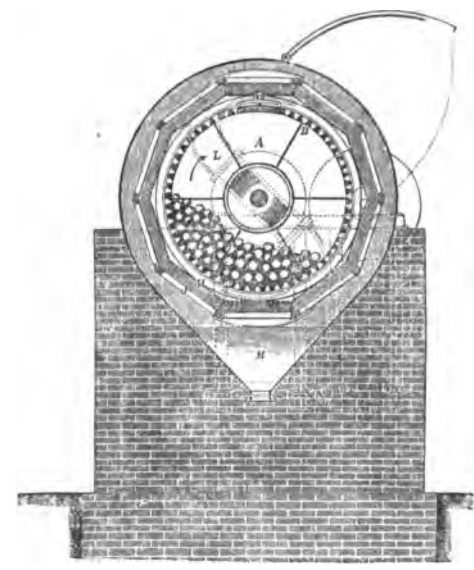


Fig. 9.

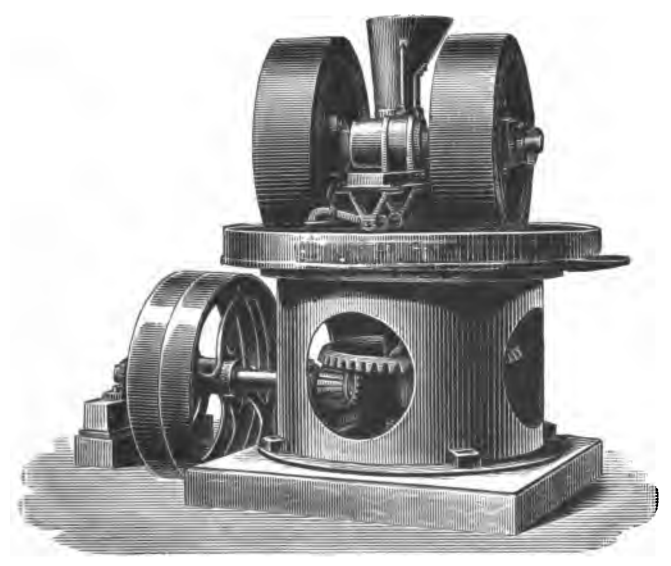


Fig. 10.

des Trommelmantels fällt das zerkleinerte Mahlgut zuerst auf das Schutzsieb, welches das gröbere Mahlgut zurückhält, während das feinere auf das äussere feine Sieb gelangt. Die Siebrückstände werden durch Bleche, welche an zwei Stellen übereinander, an den inneren Siebflächen schräg befestigt sind, nach der Seite in die beiden Kanäle L transportiert, durch welche sie in das Innere der Mahltrommel zu weiterer Zerkleinerung zurückgeführt werden. Der Siebdurchfall, bezw. das fertige Mahlgut sammelt sich in dem Trichter M, aus welchem er durch eine verschliessbare Öffnung in untergeschobene Gefässe abgelassen werden kann. Zum Schutze gegen das Stauben ist die ganze Mühle von einem Blechgehäuse umgeben. Die Mühle wird durch ein Rädervorgelege mit loser und fester Riemscheibe angetrieben; bei den kleinen Mühlen fallen die Vorgelege fort, und die losen und festen Antriebriemenscheiben sitzen auf den Trommelachsen.



Fig. 11.

Von den Kollergängen zeigt Fig. 10 eine Ausführung der bekannten Fabrik für Zerkleinerungsanlagen von Louis Soest & Co. in Düsseldorf.

Bei Versuchen zur Feststellung der Leistungsfähigkeit von Koller- und Kugelmühle, die in sorgfältigster Weise vorgenommen wurden, ergab das Resultat eine entschiedene Überlegenheit des Kollerganges auf folgender Grundlage: Mit einem Kollergang von je 2200 *kg* Läufergewicht wurden bei 14 Umdrehungen der Läufer pro Minute und einem Kraftaufwand von 4 ePS 300 *kg* Koks von ca. 5% Wassergehalt in 45 Minuten auf eine Feinheit gemahlen, die einem Drahtgewebe von 25 Maschen auf 1″ engl. entspricht. Um das genannte Quantum zu vermahlen, standen 48 Minuten Zeit zur Verfügung. Dieselben Versuche mit einer Kugel-

3*

mühle erforderten 51 Minuten zum Zerkleinern des gleichen Quantums, bei einem Kraftbedarf von 6 e P S. Die hierfür nötige Kugelmühle kostete 4530 ℳ, der Kollergang 2980 ℳ, beide Maschinen komplett zum Betriebe.

Zu berücksichtigen ist ferner, dass die Kugelmühle viel empfindlicher ist wie die Kollermühle, was schon aus den Abbildungen hervor-

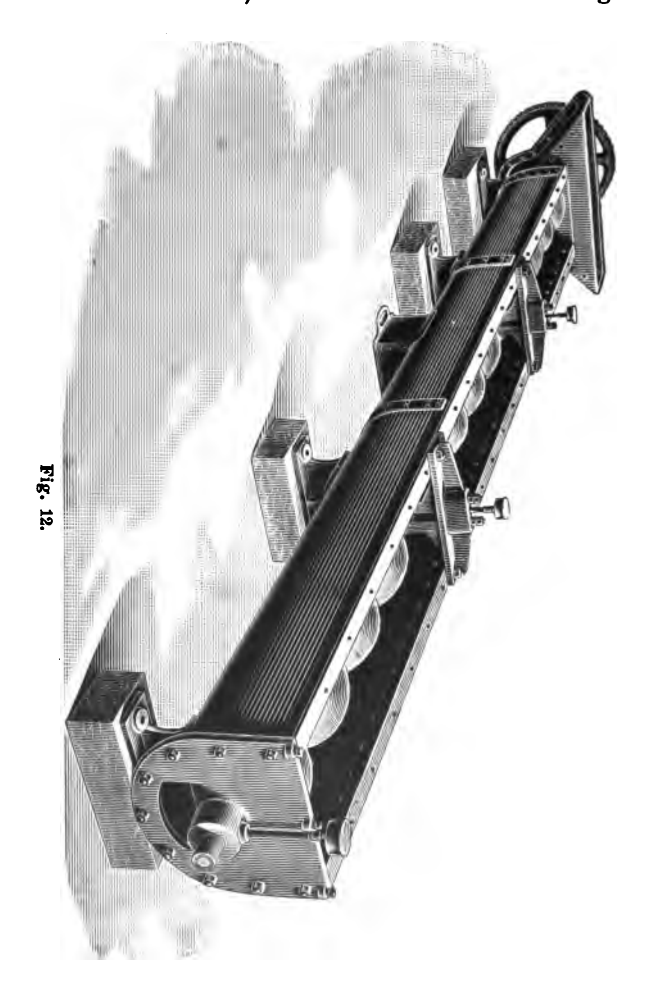
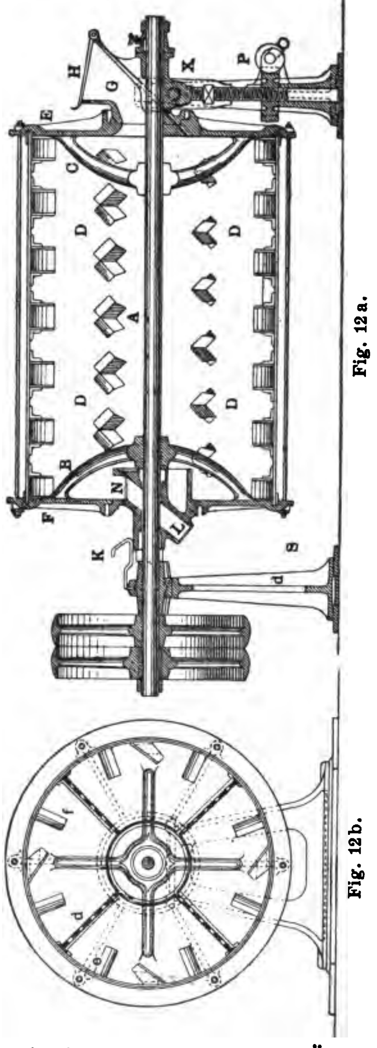


Fig. 12.

geht, und demzufolge häufigere Reparaturen vorkommen und schnellere Abnutzung eintritt. Im Betrieb kann der Kollergang vollkommen staubdicht durch eine Haube aus Eisenblech abgeschlossen werden.

Das Heben der vorgebrochenen Stücke in die Kugel- oder Kollermühlen kann durch Elevatoren (Fig. 11) oder einfache Gurtbecherwerke erfolgen, die Mischung der fertig gemahlenen Stoffe durch Mischmaschinen oder mittels der Transportschnecken (Fig. 12), die die fertigen gemahlenen Rohprodukte zu den Öfen befördern.

Die in Fig. 12a und 12b im Längs- und Querschnitt veranschaulichte Mischmaschine der Maschinenfabrik Soest & Co. trägt um die Welle A angeordnet die Arme B und C, die an den Verschlussplatten E und F befestigt sind. Im Innern des Mantels bewerkstelligen die Flügel D das Mischen der Stoffe während der Rotation der Trommel. Das Material wird nach Heben der Klappe H durch den Trichter G in das Mantelinnere gebracht, von wo es nach vollständiger Mischung durch N und L entfernt werden kann.


Fig. 12a.
Fig. 12b.

Ein wenig beachteter Punkt bei Zerkleinerungsanlagen ist der automatische Rücktransport desjenigen Materials, das nicht genügend fein gemahlen wurde oder das sich im Ofen als ungeschmolzener Rückstand in Form von Staub, Abfall ansammelt oder aus anderen Gründen nochmals verarbeitet werden muss. In letzterer Beziehung ist das namentlich mit der Schlacke der Fall, die zu schwacher Schmelzhitze ausgesetzt war und deshalb nicht mit dem anderen guten Produkt verkaufsfähig ist. Diese Rückstände müssen zurücktransportiert, die Schlacke nochmals gemahlen und schliesslich das derselben fehlende Rohprodukt, Kalk oder Koks, hinzugefügt werden, worauf sie von neuem den Öfen zugeführt wird.

In der später beigehefteten Zeichnung: »Skizze einer Carbidanlage« ist die Anordnung und Funktion einer Zerkleinerungsanlage näher erläutert.

IV. Die elektrischen Öfen.

Die elektrischen Öfen beruhen auf der Umwandlung von Elektrizität in Wärme. Wenn in einen elektrischen Stromkreis ein schlechter Leiter eingeschaltet wird, so wird der elektrische Strom an dieser Stelle einen grösseren Widerstand wie im übrigen Stromkreise zu überwinden haben, ehe er den Durchgang ermöglicht. Durch diese aufgewandte Arbeit wird Wärme erzeugt, der eingeschaltete schlechte Leiter wird erhitzt und gerät bei genügend starkem Strome ins Glühen. Hierauf gründen sich die elektrischen Öfen mit Widerstandserhitzung.

Schneidet man den schlechten Leiter, z. B. Kohle, so entzwei, dass an jedem Ende des Stromkreises sich eine Hälfte der Kohle leitend befindet, so wird der elektrische Strom die zwischen den beiden Kohlehälften liegende Luftschicht zu überbrücken suchen, um sich auszugleichen. Der Strom findet aber an den Kohleenden (Polen) einen Widerstand, der umso grösser ist, je weiter die Pole des Stromleiters von einander entfernt werden. In dem Bestreben des Stromes, von dem einen Pole zu dem andern durch die Luftschicht zu gelangen, versetzt er die kleinsten Teilchen der Kohlespitzen in heftige Schwingungen, wodurch der Zwischenraum ausgefüllt und die kleinen Teilchen in glühenden Zustand versetzt werden. Auf diese Weise entsteht der Voltabogen oder elektrische Flammenbogen, auf dem alle Öfen mit elektrischer Lichtbogenerhitzung beruhen.

Die erstere Erhitzungsart zeigen uns die elektrischen Glühlampen, die letztere die elektrischen Bogenlampen.

Es wird verständlich sein, dass wenn der zu überbrückende Luftraum zwischen den Kohleenden durch das Fortreissen von einzelnen Teilchen von den letzteren und Verbrennen derselben ein zu grosser wird, der Strom schliesslich nicht mehr die Kraft besitzt, den Luftraum zu durchdringen — der Lichtbogen würde erlöschen. Deshalb ist es erforderlich, die Entfernung der beiden Enden (Pole) des Stromkreises zu regulieren, d. h. die beiden Pole stets einander soweit zu nähern, dass ein Lichtbogen in gewünschter Kraft erzielt wird.

Bei den elektrischen Öfen mit Lichtbogenerhitzung bestehen die vorstehend erwähnten Kohleansätze an den Enden des unterbrochenen Stromkreises bezw. an den Enden der beiden von der Dynamomaschine ausgehenden Leitungskabel aus Kohlestäben, die aus einem Stück massiv oder in Röhrenform oder durch eine Anzahl Kohle-

platten zusammengesetzt sind und Elektroden genannt werden. Dieselben sind also jene Teile des elektrischen Ofens, an welchen der Strom austritt und sich in Wärme, also auch in Arbeit, umsetzt und die Schmelzung des zwischen die Elektroden gebrachten Materials bewirkt.

Diese Arbeitsleistung des elektrischen Stromes ist proportional seiner Stärke, seiner Spannung und des zu überwindenden Widerstandes. Die Einheit der elektrischen Arbeit ist das Produkt der Stromstärke und Spannung (elektromotorischen Kraft) und wird mit Voltampère oder Watt bezeichnet. 100 Watt = 1 Hektowatt, 1000 Watt = 1 Kilowatt, 736 Watt = 1 elektrische Pferdekraft (ePS). Ein Watt erzeugt pro Sekunde 0,24 Gramm-Kalorien Wärme, eine ePS mithin 736 · 0,24 = 176,64 *kg*-Kalorien pro Sekunde. Joule stellte hierüber die ersten eingehenderen Untersuchungen an, die als Resultat das Gesetz ergaben, dass die in einer bestimmten Zeit entwickelte Wärmemenge dem Leitungswiderstande des Drahtes und dem Quadrate der Stromstärke proportional ist. Ist demnach die in der Längeneinheit des Stromkreises entwickelte Wärmemenge = m, der Gesamtwiderstand = w, die Stromstärke = i, so wird die in der Zeit t entwickelte Wärmemenge M ausgedrückt durch die Gleichung

$$M = m\, w\, i^2 t.$$

Über die zur Darstellung des Calciumcarbids erforderliche Wärmemenge wird später bei Beschreibung des Betriebes näheres mitgeteilt.

Bei den nun folgenden Beschreibungen von verschiedenen Ofenkonstruktionen werden nicht nur diejenigen aufgeführt, die im besonderen für Calciumcarbidfabrikation bestimmt sind, sondern auch solche Konstruktionen, deren Kenntnis infolge ihrer Vorzüge dem Carbidtechniker nützlich sein kann.

Lichtbogen-Öfen. Eine der bekanntesten Formen der elektrischen Öfen dieser Art zeigen Fig. 13 im Schnitt und Fig. 14 im Grundriss. Derselbe ist von der »Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt« konstruiert und kann für Ströme bis zu 1000 Ampère Verwendung finden. Der Heizraum dieses Ofens wird umschlossen von dem Magnesitmauerwerk M oder nur oben von Magnesit und unten von Graphit G und C. Die Zuführung des elektrischen Stromes erfolgt durch dicke Kohlestäbe, von denen die negative Kohle D von unten eintritt und feststeht, während die positive Kohle D_1 von oben durch den Deckel H eintritt und durch den Kurbelmechanismus NO auf- und abbewegt werden kann, wodurch die Länge des Lichtbogens je nach der zur Verfügung stehenden Spannung variiert. Zu Beginn des beabsichtigten Prozesses empfiehlt es

sich, die Kohlen D und D_1 mittels beigegebener dünner Kohlestifte kurz zu schliessen, um nicht augenblicklich eine zu hohe Temperatur

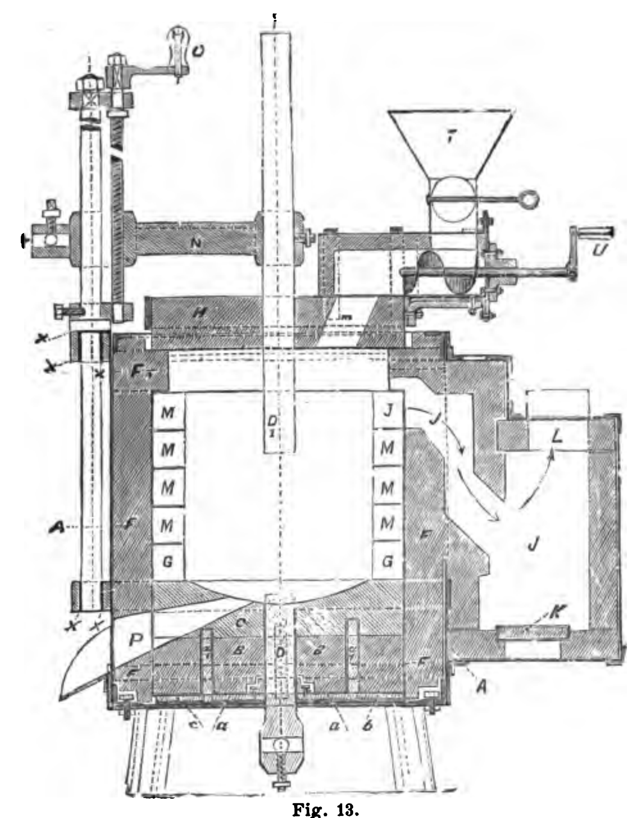
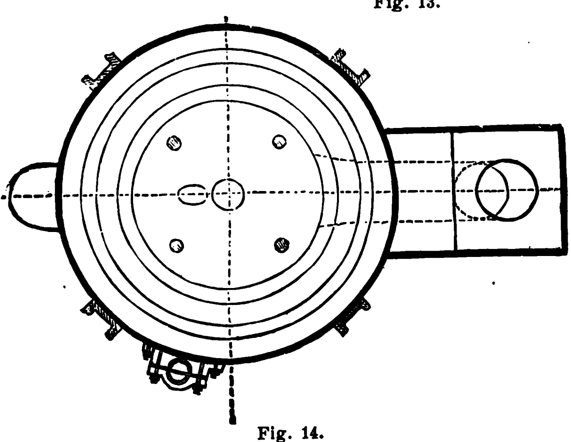


Fig. 13.


Fig. 14.

zu bekommen, was die Lebensdauer der Kohle beeinträchtigen würde. Die Beschickung geschieht durch den Trichter T. Bei dem Prozess entwickelte Gase entweichen in der Pfeilrichtung durch den Kanal J und gehen durch die Öffnung L ins Freie oder in den Schornstein. Etwa

von den Gasen mitgerissene feste Bestandteile setzen sich in den Kanal J ab und können durch Ziehen des Schiebers K entfernt werden. In dem Tiegel geschmolzene Materialien werden bei dem Abstichloch P abgelassen. Während der Schmelzoperation ist das Abstichloch durch einen eingepassten Kohlestöpsel geschlossen. Der Ofen ruht auf vier Füssen. Um das Erneuern der negativen Kohlen besser bewerkstelligen zu können, empfiehlt es sich, die Füsse durch gemauerte Fundamente zu verlängern. Der Boden des Ofens wird getragen von der Platte b. Auf dieser Platte liegt eine etwa 9 *mm* dicke Asbestplatte c und auf diese folgt die starke Eisenplatte a. In dieser Eisenplatte a sind die vier eisernen Bolzen a_1 eingelassen, die bis in den Graphitboden C hineinreichen. Diese Anordnung hat den Zweck, den Strom ohne grössere Spannungsverluste von der negativen Elektrode abzuführen. Der Kurbelmechanismus ist an den Stellen x, x, x isoliert.

Wie aus der Fig. 13 hervorgeht und wie auch erwähnt wurde, ist dieser Ofen für das Abstichverfahren eingerichtet, während je nach der Ofenkonstruktion auch ein kontinuierlicher Betrieb dadurch erzielt werden kann, dass man die Bodenplatte des Ofens auf einem Rädergestell placiert, wodurch das auf derselben befindliche fertige Carbid abgefahren und ein neuer Wagen mit der Bodenplatte eingefahren werden kann.

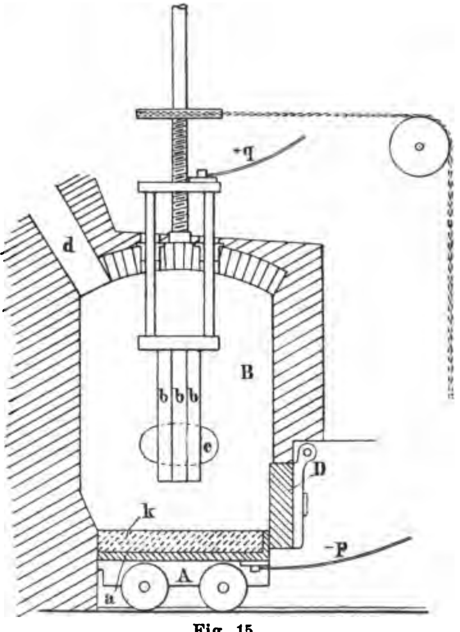


Fig. 15.

Ein solcher Ofen ohne Abstich ist der von Armin Tenner konstruierte (D.R.P. Nr. 88364). Derselbe ermöglicht einen zwar nicht kontinuierlichen, so doch chargenweisen Betrieb. Der Konstruktion liegt der Zweck zu Grunde, den Ofenbetrieb hinsichtlich der Ausnutzung der im elektrischen Flammenbogen erzeugten hohen Temperatur für die Umwandlung der Beschickungsmaterialien (Kalk und Kohle) möglichst ökonomisch zu gestalten. Die Ofenanordnung ist nach der beistehenden Skizze (Fig. 15) die folgende: Der Boden des Ofens ruht auf einem beweglichen Schlitten oder einem Wagengestell A, das auf Schienen

läuft, um unter dem gemauerten, mit Thüren versehenen Ofenoberteil B nach Bedarf eingefahren bezw. auswärts zurückgezogen werden zu können. Dieser Boden besteht aus einer starken Metallplatte a, auf die eine ungefähr 20 *cm* hohe Schicht k von Elektrodenkohle oder Koks mit Steinkohlenteer geschüttet wird, so dass sie die Herdsohle bildet. Indem die Eisenplatte a mit dem stromzuführenden Kabeln p des einen Dynamopols verbunden ist, stellt sie in Gemeinschaft mit der Koksdecke k zugleich die eine Elektrode des Ofens dar. Auf diese Elektrodensohle wird nach Betriebseröffnung das Beschickungsmaterial gebracht, unter allmählicher, bis zu einer gewissen Grenzhöhe fortgesetzten Aufhäufung. Entsprechend dieser Vermehrung der Koksschicht müssen die oberen, zu einem Bündel vereinigten, mit den Speisekabeln q an geeigneten metallenen Fassungen verbundenen Elektrodenkohlen b gehoben werden, zu welchem Zweck dieselben in aufziehbarer Aufhängung mit Spindelantrieb angeordnet sein können. Die Beschickungsöffnung ist bei c angeordnet, der Abzug der Gase bei d.

Der Ofen funktioniert wie folgt: Nach Einschiebung des Wagens A wird zunächst Thür D geschlossen, der Arbeitsstrom eingeschaltet und die Elektroden b zur Lichtbogenbildung der Sohlenschicht k genähert. Der elektrische Strom kann hierfür bei einer Spannung von 65—100 Volts eine Stromstärke von 1700—2000 Ampère aufweisen. Dann wird das Beschickungsmaterial in den Ofen gebracht und zwar in der Weise, dass der Lichtbogen ca. 30 *cm* hoch um die Elektroden herum von demselben bedeckt liegt. Hierdurch lässt sich der Lichtbogen leichter konstant halten. Das zeitweise Aufrühren der Mischung während des Betriebes ist zur Erzielung eines gleichmässigen Carbides notwendig. Die Zuführung des Materialgemisches wird mehrere Stunden lang fortgesetzt, wobei eine ständige Überwachung der Hublage der oberen Kohleelektroden mittels der Spindelhebevorrichtung nötig ist. Merkt der das Handrad Bedienende, dass die Spannung sinkt, so hebt er die Kohlestäbe. Bei etwaiger Unterbrechung sinkt die Stromstärke auf Null; in diesem Falle müssen die Elektrodenkohlen schnell gesenkt werden. Das Calciumcarbid entsteht in schmelzflüssiger Form zwischen den Elektroden und verbleibt auch in der Kernmitte längere Zeit flüssig. Indessen ist sein Wärmeleitungsvermögen zu gering, um abgestochen werden zu können, vielmehr findet sich das fertige Produkt in Form eines Kuchens auf dem Gestell A, das nach Öffnen der Thür D herausgefahren wird, vor.

Das Urbild dieses Ofens ist derjenige der »Willson Aluminium Company« zu Spray, N.-C., V. St. N., der anfangs zur Aluminiumfabrikation bestimmt war, später jedoch zur Darstellung von Carbid

benutzt wurde. Derselbe ist in Fig. 16 zur Hälfte im Schnitt veranschaulicht. Über die Konstruktion dieses Ofens wird mitgeteilt, dass die Wände desselben, wie dies übrigens fast stets die Regel ist, aus einfachem Ziegelmauerwerk bestehen. Die Vorderseite des Ofens wird durch vier eiserne Thüren d e gebildet. Den Boden des Ofens bildet eine 5 *cm* starke gusseiserne Platte, die an den Kanten mit 3 *cm* starken Eisenplatten eingefasst ist, so dass

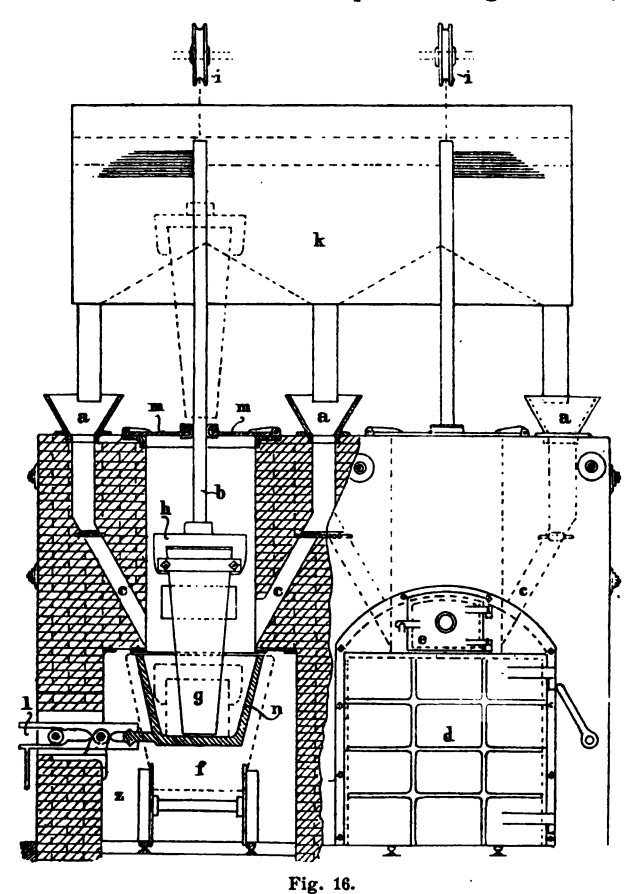


Fig. 16.

das Ganze die Form n annimmt. Die vordere Wandplatte ist zum Öffnen und Schliessen eingerichtet. Der Boden dient, mit einer 20 *cm* hohen Schicht Kokspulver bedeckt, als Elektrode. Die Höhe des Bodens beträgt 1,5 *m*, sein innerer Durchmesser muss der Grösse des Schmelztiegels angepasst sein, der eine Länge von 1 *m*, eine Tiefe von 0,8 *m* und eine Breite von 0,65 *m* aufweist. Der

Boden ruht auf dem Rädergestell f, das sich in dem Raume z auf Schienen bewegt. Die Stromzuführung geschieht durch je acht Kupferkabel von je 2 *cm* Stärke. Die Kabel schliessen an einen 7,5 *cm* starken quadratischen Kupferdraht b, an welchen durch die Elektrodenhalter h aus starkem Bandeisen die Elektrode g befestigt ist. Das Ganze ist mittels Kette auf den Leitrollen i beweglich, wodurch die Elektroden einheitlich gehoben und gesenkt werden können. Die Einschaufelung des Rohmaterials erfolgt mit der Hand in den Füllraum k, von dem das Beschickungsmaterial durch die Trichter a und Kanäle c an die Elektroden gelangt. Die Deckel m dienen der Kupferstange b zur Führung.

Wird der Ofen in Betrieb gesetzt, so werden sämtliche Thüren geschlossen und die Elektroden g bis zum Boden gesenkt. Der Strom wird sodann eingeschaltet und die Mischung eingefüllt. Hierbei müssen die Elektroden auf allen Seiten ca. 30 *cm* von der Mischung umhüllt sein. Der weitere Betrieb ist genau derselbe, wie bei Beschreibung des Ofens Fig. 15 angegeben wurde. Nur ist das erhaltene Produkt bei diesem Ofen nicht kuchenförmig, wie beim Tenner'schen Ofen (Fig. 15), sondern kegelförmig, und zwar in der Regel 0,9 *m* hoch, doch mit verhältnismässig kleinem Durchmesser. Die vorerwähnte Isolierschicht von Koks oder Koks mit Teer hat den Zweck, zu verhindern, dass sich das schmelzende Carbid auf der Platte feststetzt oder gar die Platte durch die immense Hitze zum Schmelzen gebracht wird.

Die beiden beschriebenen elektrischen Öfen Fig. 15 und 16 haben ziemlich ein und dasselbe Grundprinzip und ebenso ist der Ofen von Bullier[1]) fast genau nach denselben Grundsätzen konstruiert.

Bei den elektrischen Öfen ist die Hitze innerhalb des zwischen den zwei Elektroden sich bildenden Lichtbogens zum Schmelzen des zu verarbeitenden Materials genügend, während ausserhalb des Lichtbogens die Hitze hierfür nicht ausreicht. Soll ein elektrischer Ofen sparsam und praktisch sein, so muss die Hitze des Lichtbogens beständig auf das zu verarbeitende Material einwirken, und dieses muss beständig in den Bereich des Lichtbogens gebracht werden. Wenn das Material unter der Einwirkung des Lichtbogens in der gewünschten Weise geschmolzen ist, so muss ohne Zeitverlust neues Material in der notwendigen Menge zugeführt werden.

Wenn es nun auch nützlich ist, die in Thätigkeit befindlichen Elektroden mit einer gewissen Menge des Materials zu umgeben, um zu verhindern, dass die Hitze des Lichtbogens schädlich auf die Wandungen des Ofens einwirkt, so darf doch nicht mehr Material

---

[1]) Éclairage électrique 1896, VIII, 504.

vorhanden sein, als erforderlich ist, um eine zu starke Ausstrahlung von Hitze zu verhindern. Während nun die Lichtbogentemperatur für die Umsetzung von Kalk und Kohle in Calciumcarbid genügt, ist sie in kurzer Entfernung vom Lichtbogen hierfür nicht hoch genug. Diese niedrige Temperatur reicht aber hin, um die Verbrennung der mit Calciumoxyd gemischten Kohle zu bewirken und wahrscheinlich den Kalk zu verflüchtigen, und bevor dann das sozusagen ausgebrannte Gemisch von Calciumoxyd durch den Lichtbogen in Calciumcarbid umgewandelt werden kann, muss die verbrannte Kohle durch neue ersetzt werden. Um ein derartiges Ausbrennen zu verhindern, ist es erforderlich, das zu behandelnde Material direkt in den Bereich des elektrischen Lichtbogens zu bringen.

Eine auf diesen auseinandergesetzten Vorgängen beruhende Ofenkonstruktion hat sich in jüngster Zeit J. A. Deuther patentieren lassen (D. R. P. Nr. 91601). In beistehender Fig. 17 ist der Ofen mit senkrecht übereinander stehenden Elektroden gezeichnet.

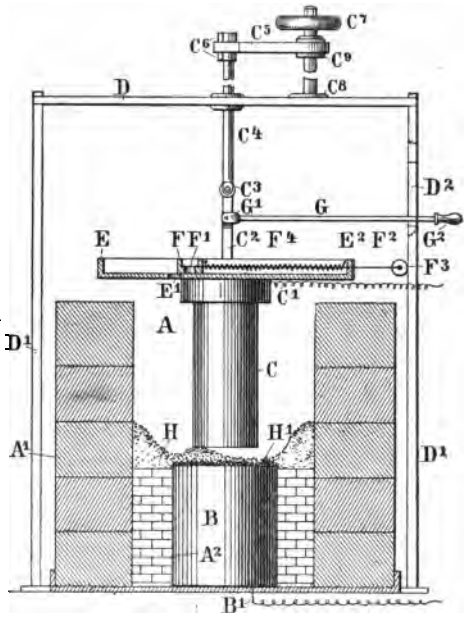


Fig. 17.

Der elektrische Ofen A ist aus feuerfestem Material A^1 hergestellt und mit einer geeigneten Öffnung versehen, durch welche die gewonnene Masse entfernt werden kann. Am Boden des Ofens ist, umgeben von dem Mauerwerk A^2, die Elektrode B angeordnet, die mit dem einen Pol der elektrischen Kraftquelle durch einen Draht B^1 verbunden ist. Über der unteren Elektrode B ist eine andere Elektrode C von kleinerem Durchmesser angeordnet, die mit dem anderen Pol der elektrischen Kraftquelle durch einen Draht C^1 verbunden ist. Diese obere Elektrode C ist an der Stange C^2 über der Elektrode B aufgehängt. Diese Stange ist bei C^3 mit einer anderen Stange C^4 verbunden, die sich nach oben durch die Querstrebe D erstreckt, die von den Seitenstreben D^1 getragen wird. Mittels einer Mutter C^6 ist die Stange C^4 an der Querschiene C^5 befestigt, die an ihrem Ende mit einer Stellschraube C^7 versehen ist. Diese greift in die feststehende Mutter C^9 der Stange C^5 und

stützt sich mit ihrem unteren Ende gegen die Pfanne C^8 der Querstrebe D. Mittels dieser Stellschraube kann man die Elektrode C beliebig heben oder senken.

An dem Kopf der Elektrode ist ein Behälter E angebracht, mit der Öffnung E^1 in seinem Boden, die sich dicht neben der Kante der Elektrode C befindet. In diesem Behälter ist ein Kasten F angebracht, der in dem Behälter hin- und herbewegt werden kann und in seinem Boden mit einer Öffnung F^1 versehen ist, die sich gegen die Strebe D^1 legt.

Um den im Innern des Behälters E liegenden Teil der Stange F^2 ist eine Schraubenfeder F^4 gelegt, die mit ihrem einen Ende an dem Kasten F und mit ihrem anderen Ende an der Wand E^3 des Behälters E befestigt ist. Ungefähr in der Mitte der Stange C^2 ist bei G^1 drehbar eine Stange G befestigt, die durch einen Schlitz D^2 der Seitenstrebe D^1 hindurchtritt und an ihrem äusseren Ende mit einem Handgriff G^2 versehen ist. Mittels dieses Handgriffes kann die obere Elektrode C aus ihrer vertikalen Lage verschoben werden.

Durch Verschiebung der oberen Elektrode kann der Lichtbogen nach Belieben nach rechts oder links über die Elektrode B hinweggeführt werden, sodass er stets auf das frisch zugeführte Material einwirken kann, und da das mit H^1 bezeichnete geschmolzene Produkt leitend ist, so ist klar, dass das aus dem Kasten F auf die Elektrode B fallende Material im Bereich des Lichtbogens ist und dass der elektrische Strom beim Zuführen neuen Materials nicht unterbrochen zu werden braucht. Da die Menge des den Kasten F füllenden Materials bekannt ist, so kann auch eine ganz bestimmte Menge zwischen die beiden Elektroden gebracht werden, welche der Hitze des Lichtbogens genau entspricht. Wenn das Material zwischen den Elektroden reduziert ist, wird die obere Elektrode C mittels der Stellschraube C^7 gehoben, um Raum für das Aufbringen neuen Materials zu gewinnen. Der elektrische Lichtbogen wird hierbei nicht unterbrochen.

Während bei der auf der Zeichnung dargestellten Anordnung nur ein Behälter dargestellt ist, dessen Inhalt entleert wird, wenn die Elektrode nach rechts verschoben wird, kann neben demselben noch ein zweiter Behälter in entgegengesetzter Richtung angebracht werden, dessen Rolle sich gegen die gegenüberliegende Strebe legen würde, und welcher seinen Inhalt auf die rechte Seite der Elektrode C ausschütten würde, wenn diese nach links bewegt würde. Durch die Bewegungen der oberen Elektrode wird Raum geschaffen, um frisches Material auf die Elektrode B oder die auf der Oberseite derselben befindliche geschmolzene Masse H^1 bringen zu können.

Aus dem Vorstehenden geht hervor, dass das auf die obere Elektrode oder auf das auf dieser befindliche geschmolzene Material gebrachte neue Material direkt in den Bereich des elektrischen Lichtbogens gebracht werden kann, sodass dessen Hitze völlig ausgenutzt und eine grosse Ersparnis erzielt wird gegenüber anderen Öfen, in welchen das Material nicht direkt in den Bereich des elektrischen Lichtbogens gebracht wird, da, wie oben erwähnt, nur in dem Lichtbogen selbst die Hitze für den gewünschten Zweck genügend gross ist.

Bei der Betrachtung dieses Ofens wird man die Vorteile desselben unzweifelhaft einsehen. In der Praxis wird er allerdings noch einige Abänderungen erfahren müssen, so u. a. der Abstich bezw. die Entfernung des fertigen Produktes aus dem Ofenraume. Günstiger wäre auch die Wirkung und der Nutzeffekt bei Anwendung von oberen Elektroden mit mehr oder weniger abgerundeten Spitzen.

»The Electric Construction Corporation, Limited,« in Worcester House Wallrook, London und in Wolverhampton hat bereits unterm 27. Juni 1890 einen elektrischen Schmelzofen patentiert erhalten, bei dem die üblichen verstellbaren Elektroden aus Metall oder Kohle bezw. Metall ersetzt sind. Die Regelung der in den Ofen einzuführenden Strommenge wird durch entsprechende Regelung der stromzeugenden Maschine bewirkt. Die Elektroden erfahren keine andere Bewegung, als etwa den zum Ausgleich des Abbrandes nötigen Vorschub. Das Anfeuern des Ofens bezw. die Eröffnung des Stromweges durch die Beschickung geschieht mittels dünner Kohlen- oder Metallstäbe, welche bis an die Elektroden der einen Ofenseite herangeschoben oder von beiden Ofenseiten gegeneinander geschoben werden, und welche man zurückziehen kann, sobald infolge ihres Erglühens die benachbarte Beschickung die zur Bogenbildung mittels der eigentlichen Elektroden nötige Temperatur angenommen hat. Die obige Stromregelung kann durch eine selbstthätige Reguliervorrichtung so geschehen, dass diese bei Anwendung von Wechselströmen auf die Magnete die Erregungsmaschine bezw. bei gleichgerichteten Strömen auf die Hauptmagnete einwirkt. Diese Vorrichtung kann ferner so reguliert werden, dass der durch den Ofen zu sendende Strom beliebig bemessen und einer Verminderung bezw. Verstärkung des Widerstandes sofort begegnet werden kann.

In dem Vertikalschnitte (Fig. 18) bedeutet F den Ofenschacht mit Einschütttrichter a, in diesem ist ein angeordneter Doppelschieber AA behufs Abschluss der äusseren Luft bei der Beschickung und der Schnecke B zum Einschieben des durch a eingeschütteten Materials in den Ofenschacht. In den Schmelzraum G ragen von beiden Seiten her die Elektroden c^1 c^1 herein; dieselben sind als Kohlecylinder

angenommen und in metallenen Hülsen c c befestigt, die durch Leitungsdrähte d mit den betreffenden Polklemmen der Dynamomaschine D verbunden sind. Die Hülsen c (bezw. auch die Elektroden, wenn dieselben aus Metall hergestellt sind) können mit einer inneren Wasserkühlung versehen werden. c^2 c^2 sind die zum Anfeuern bezw. zur Vermittelung der Herstellung des Stromkreises dienenden dünnen Höhlen oder Metallstangen. Dieselben können durch besondere Löcher in mit den Hülsen c elektrisch verbundenen Leiter c^3 oder durch centrale Kanäle in den eigentlichen Elektroden c^1 entweder nur von einer Seite her bis an die gegenüberliegende Elektrode heran oder bis zum gegenseitigen Zusammentreffen von beiden Ofenseiten her in den Schmelzraum hineingeschoben werden. (Siehe Fig. 19.)

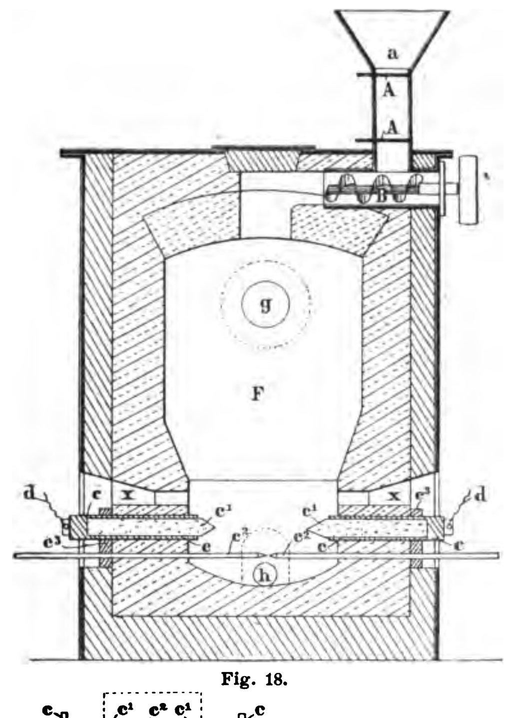


Fig. 18.

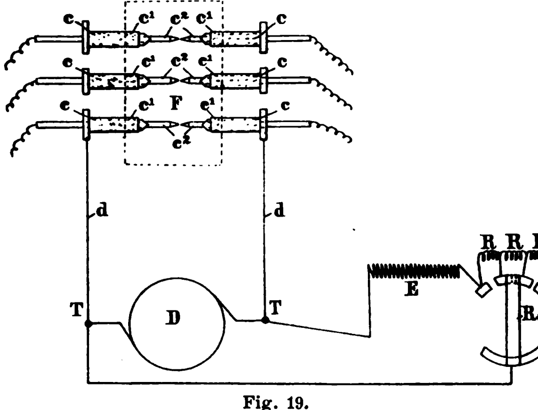


Fig. 19.

Entwickelte Gase und Dämpfe ziehen im oberen Schachtteile durch g ab und die Schlacke wird in h abgelassen, x sind mit Thonpfropfen oder durch Verschmieren mit Thon zu schliessende Arbeitslöcher. Zur Regulierung der Stromstärke ist im Beispiel (Fig. 19) mit dem Erregungsstromkreis E der Dynamomaschine D mittels selbstthätiger Verstellung erfahrenden Schalthebels RS eine Widerstandsreihe RRR kombiniert.

Um die entwickelte Wärme gleichmässig zu verteilen, kann man den unteren Ofenteil mit geschmolzenem Metall oder mit einem geeigneten leitenden Bade gefüllt halten. Auch kann man beim Beschicken den Raum zwischen den Elektroden mit Koksstücken ausfüllen, die dann ins Glühen geraten. Um den Abstand der Elektroden,

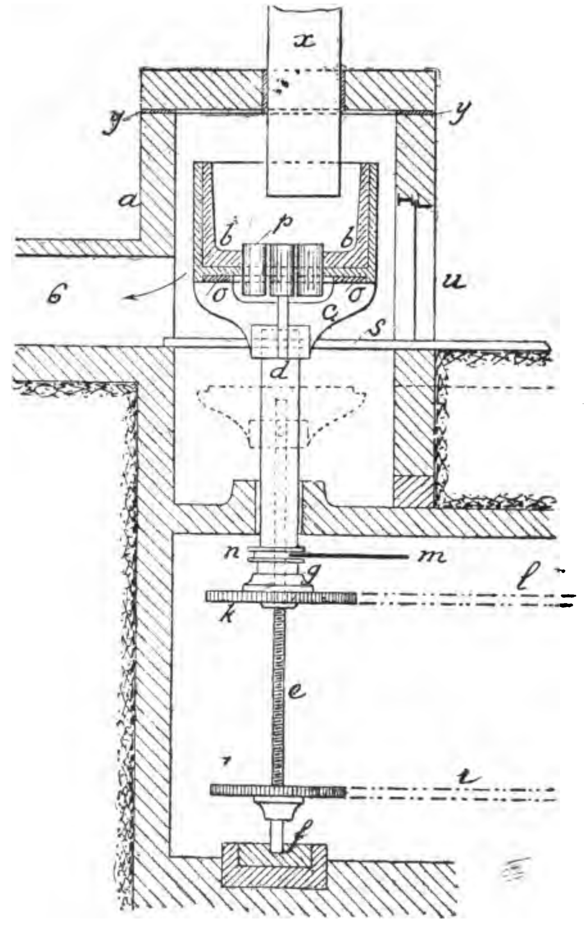


Fig. 20.

wenn aus Kohle bestehend, auszugleichen, kann man durch die Löcher x hindurch die Elektrodenenden mit Kohlepulver bestreuen.

Der Bravet-Ofen (Fig. 20) ist eine neuere, besonders für Calciumcarbidherstellung berechnete Konstruktion. Er besteht aus einem massiven Mauerwerk a, das an bestimmten Stellen mit einer entsprechenden feuerbeständigen Verkleidung versehen ist. Im Innern

desselben wird der Boden b von einer Platte oder einem Halter c getragen, auf den der Boden einfach aufgelegt ist. Dieser Halter selbst ist an einer röhrenförmigen Stütze befestigt, deren Innenwand g als Schraubenmutter ausgebildet ist und auf einer Schraube e läuft, welche mit ihrem unteren Teil in einem Lager f steht. Die Schraube e kann mittels des Rades h und einer Kette i oder irgend eines andern passenden Mechanismus gedreht werden. Ferner gestattet ein Rad k mit Kette l, die Röhre d und den Boden, welchen sie trägt, zu drehen. Bei dieser Anordnung kann man, wenn man h allein in bestimmter Richtung dreht, während k stehen bleibt, den Boden heben, da das Röhrengewinde auf der Schraube in die Höhe gleitet.

Wenn man dagegen k in obigem Sinne dreht und h stehen lässt, so senkt sich der Boden und nimmt die punktierte Stellung ein. Wenn schliesslich h und k gleichzeitig mit derselben Geschwindigkeit gedreht werden, dreht sich der Boden nur um seine Achse, ohne auf- oder niederzusteigen. Diese Räder- und Schraubenzusammenstellung ermöglicht es, den Boden in jede Lage einzustellen. Der Strom wird nach dem Boden oder den darauf befestigten Elektroden durch die Zuleitung m und eine Bürste, welche auf einen Ring n schleift, geführt.

Falls der Boden selbst die eine Elektrode des Ofens bildet, erhält seine metallische Umhüllung den Strom und diese leitet ihn weiter zu einer Kohle- oder Graphitplatte, welche den Boden bedeckt und in Wirklichkeit die Elektrode bildet. Im andern Falle, wie er in Fig. 20 dargestellt ist, sind die Elektroden mit Vorteil folgendermassen angeordnet: Der Halter, auf dem der Boden ruht, besteht aus vier gusseisernen Armen c; die untere Elektrode p geht durch den Boden hindurch und ist in eine Kupferhülse gefasst, welche in eine Kupferspitze endigt und somit einen guten elektrischen Kontakt zwischen dem Ring des Halters und dem Boden herstellt. Sobald eine Charge beendigt ist, senkt man den Halter mit dem Boden. Letzterer stösst auf die Schienen s und wird daselbst durch seitlich an ihm befestigte Nasen oder Bügel gehalten. Der Halter c senkt sich darauf allein und ermöglicht es, den Boden mit seiner Beschickung aus dem Ofen durch die Thür u zu entfernen. Nun wird derselbe durch einen frisch gefüllten ersetzt und der Halter gehoben, welcher den neuen Boden in die passende Lage bringen soll, damit sich der elektrische Flammenbogen bilden und in der beabsichtigten Weise einwirken kann.

Falls man die Reibung des Bodens b auf den Schienen s verhindern will, kann man als Bahn eine Anordnung von Rädern oder Rollen verwenden.

In dem dargestellten Ofen ist die obere Elektrode x fest und ein wenig excentrisch zur Achse des Bodens gelagert, derart, dass beim Drehen des letzteren eine Durcheinandermischung hervorgerufen wird, welche eine regelmässige Thätigkeit des Flammenbogens erzeugt und die Homogenität des Produktes vermehrt. Diese obere Elektrode ist übrigens von dem massiven Mauerwerk des Ofens durch eine Asbesthülle y isoliert.

Jedoch kann die obere Elektrode x bei besonderer Anordnung auch so eingerichtet sein, dass man sie in Rotation versetzen kann. In diesem Falle ist es notwendig, einen Spielraum zwischen ihr und dem Ofenkörper zu lassen. Um zu verhindern, dass das Gas des Ofens durch diesen Zwischenraum entweicht, setzt man über den oberen Teil des Ofens einen geschlossenen Cylinder oder Kasten, durch den die Welle des Rotationsmechanismus führt.

In den Cylinder lässt man einen Strom von Kohlenoxyd oder anderes genügend abgekühltes Gas einströmen, welches durch c, nachdem es den ganzen Ofen durchzogen hat, wieder ausströmt. Es ist leicht zu erkennen, dass die Bewegung der oberen Elektrode verbunden mit der Drehung des beweglichen Bodens die Homogenität des Fabrikates bedeutend verbessert, weil dadurch die Temperatur in die verschiedenen Teile der behandelten Masse am vorteilhaftesten verteilt wird.

Zum Schluss sei noch bemerkt, dass die Anordnung bei diesem neuen Apparat den Zweck hat, den Flammenbogen durch die Verstellung des Bodens in vertikaler Richtung leicht zu regulieren und die Einwirkung auf die Masse durch die Rotation besser zu verteilen, welche ausserdem die Mischung des Produktes bewirkt.

In jüngster Zeit ist eine interessante elektrische Schmelzvorrichtung speziell für Calciumcarbid bekannt geworden, die J. Patten in New-York konstruiert hat. Es ist allgemein bekannt, dass die Richtung eines elektrischen Lichtbogens von der Kraftlinie eines magnetischen Feldes beeinflusst wird. In Fig. 21 bedeutet C^1 einen aufrecht stehenden Kohleblock, welchem gegenüber in Lichtbogenweite die Kohleplatte C^2 in horizontaler Lage aufgestellt ist; N und S sind die Pole eines Elektromagneten. Der zwischen den Kohleplatten auftretende Lichtbogen befindet sich im Bereich des magnetischen Feldes, dessen Kraftlinien von N und S fliessen, infolgedessen wird die Lage desselben von der Richtung des elektrischen Stromes und der Kraftlinie abhängen. Wenn die letzteren von N nach S gehen und der elektrische Strom von der unteren nach der oberen Kohle fliesst, so wird der Lichtbogen an der linken Ecke der senkrechten Kohleplatte bei A^1 sich bilden. Verändert der Strom seine Richtung oder findet bei dem Elektromagneten eine Umkehrung

der Polarität statt, so wird der Lichtbogen an der rechten Ecke des oberen Kohleblockes bei A^2 überspringen.

In Fig. 22 ist eine Anzahl von vertikal stehenden, parallelen Elektroden A gegenüber der Kohleplatte C^2, welche die andere Elektrode bildet, angeordnet. In diesem Falle bilden sich mehrere

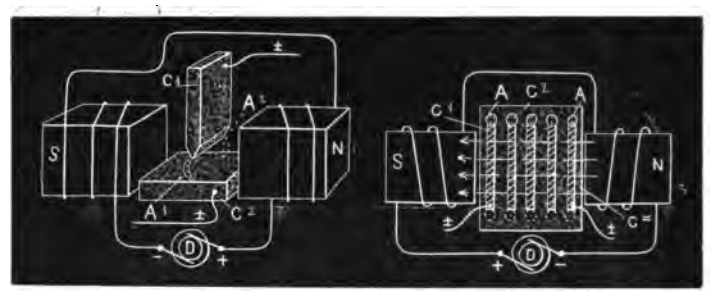


Fig. 21. Fig. 22.

Lichtbogen, welche seitlich, wie in Fig. 21 angegeben, an den einzelnen parallelen Elektroden sich bilden und welche bei jedem Wechsel des Stromes von der einen Seite nach der anderen überspringen. Bringt man zwischen die oberen und unteren Elektroden einen Stoff, so wird derselbe durch die Lichtbogen A—A angegriffen.

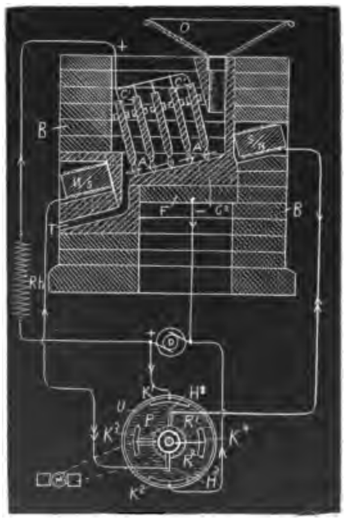


Fig. 23.

Fig. 23 zeigt einen senkrechten Querschnitt des elektrischen Ofens, der für die Verwendung von Gleichstrom an den Elektroden und eines Wechselfeldes bestimmt ist. Die untere Elektrode ist schräg angeordnet, sodass das zwischen den Elektroden befindliche Material herabgleiten oder herabfliessen kann, während die zwischen den oberen Elektroden und der unteren auftretenden Lichtbogen ununterbrochen von einer Seite nach der anderen überspringen, sodass in der Praxis die einzelnen elektrischen Lichtbogen eine grosse Flamme bilden, welche das zu bearbeitende Material passieren muss. F ist ein Eisenblock, auf dem die untere Kohleelektrode C^2 ruht, und an dem die eine Klemme des Arbeitsstromes angebracht ist. C'—C' stellen die oberen Kohleelektroden dar, die sämtlich mit der anderen Klemme des Stromkreises verbunden sind; N und S sind die Pole eines Elektromagneten. O bildet den Fülltrichter, mittels

dessen die zu schmelzende Masse in den Schmelzofen eingeführt wird, und T ein Abzugsrohr, durch welches das geschmolzene Produkt aus dem Apparat herausfliesst. Es ist bei dem Apparat aber erforderlich, dass die Stromrichtung nicht zu schnell umgekehrt wird, vielmehr ist ein langsamerer Stromwechsel als bei Wechselströmen für elektrische Beleuchtung zu empfehlen. Hieraus folgt, dass wenn der durch die Elektroden fliessende Strom Gleichstrom ist und zwecks Veränderung der Lage des Lichtbogens die Polarität des Elektromagnetes umgekehrt wird, diese Umkehrung auch sehr langsam erfolgen muss, widrigenfalls eine übermässige Erhitzung und Verlust an Energie eintritt.

Man erreicht den gewünschten Stromwechsel auf folgende Weise:

Eine Gleichstromdynamo D liefert den Strom, der durch die Elektroden C′—C′ und C^2 des Schmelzapparates führt. Von den Bürsten der Dynamo D ist ein Nebenschlussstromkreis abgezweigt, der nach zwei Platten aus leitendem Material K^1 und K^2 des flüssigen Stromwenders führt. Der letztere ist von einer Konstruktion, die speciell dazu geeignet ist, Ströme von besonderer Stärke ohne Funkenbildung und ohne Unterbrechung des Stromes umzukehren. Der kreisförmige Teil N stellt den horizontalen Durchschnitt eines Gefässes dar; im Centrum desselben befindet sich eine Spindel P, welche einen Arm trägt, an dessen Ende zwei Platten K^3 und K^4 aus leitendem Material derart angeordnet sind, dass sie, rotierend mit der durch den Motor M angetriebenen Spindel P, an den festen Platten bei jeder halben Umdrehung vorbeipassieren. Jede der beiden rotierenden Platten ist mit einem isolierten Schleifring R^1 resp. R^2, auf dem eine Bürste H resp. H^2 schleift, verbunden.

Die Rotation der Platte K^3 und K^4 bewirkt, dass dem Stromkreis, der auch die Drahtwickelungen des Elektromagneten NS SN einschliesst, ein Wechselstrom mit geringer Frequenz zugeführt wird. Infolgedessen tritt auch im Elektromagneten nur ein langsamer Polwechsel auf, der veranlasst, dass der Lichtbogen zwischen den Elektroden C, C^1 und C^2 bald in der einen, bald in der anderen Richtung sich bildet.

Ferner sei der elektrische Ofen erwähnt, wie ihn die »Acetylene Light, Heat and Power Company« am Niagarafall zur Calciumcarbiddarstellung benutzt. Die Gesellschaft hat von diesen Öfen 22 Stück in Betrieb, nachdem sie noch bis vor kurzem mit nur fünf Öfen arbeitete — ein treffender Beweis des Aufschwunges der Acetylenbeleuchtung.

Der aus gewöhnlichem Mauerwerk bestehende Ofen (Fig. 24 und 25) ist dicht geschlossen und nur mit Abzügen für die gebildeten Gase versehen. Die Abzugsöffnung u bleibt zu Beginn der Arbeit und

so lange offen, bis durch sie die ganze Luft aus dem Ofen unter dem Druck des durch sie sofort nach der Beschickung entwickelten Kohlenoxydgases verdrängt ist. Das Beschickungsmaterial befindet sich in einem mit Rüttelwerk g versehenen, auf Gleisen laufenden

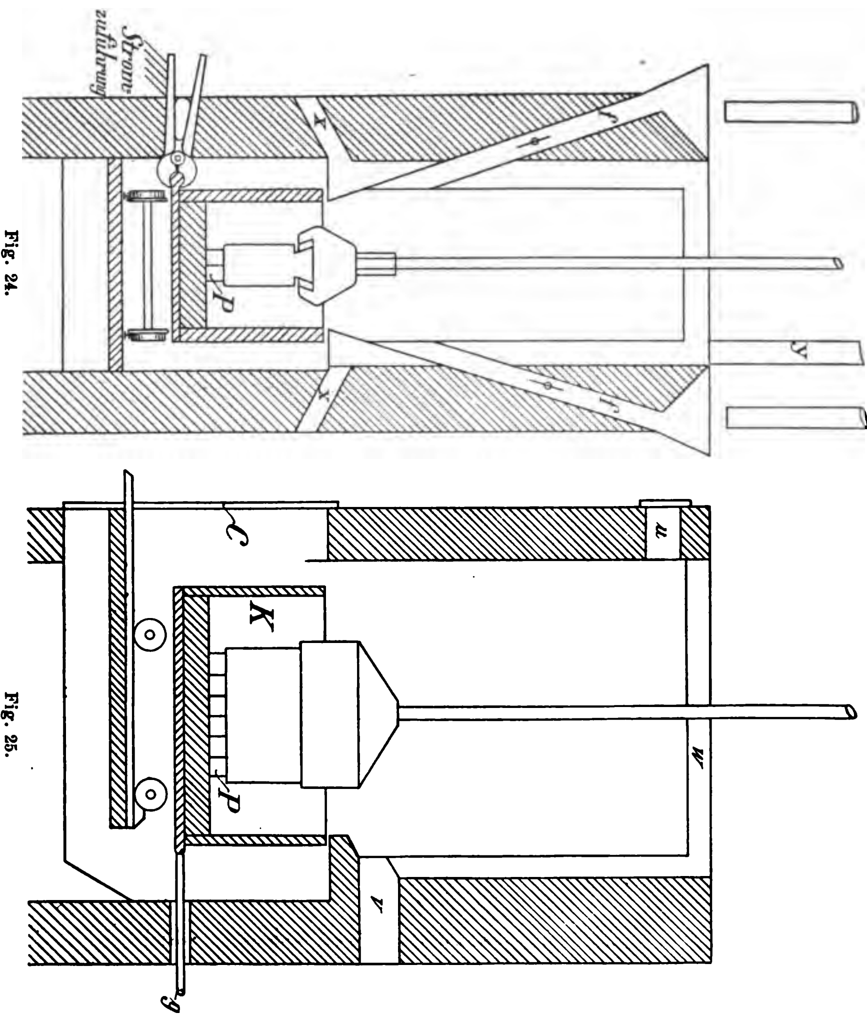


Fig. 24.

Fig. 25.

eisernen Kasten K, dessen Boden die untere Elektrode bildet. Die obere besteht aus zwölf Kohlestäben P. Nach Beendigung des Prozesses wird der Gleiskarren durch die Thür c entfernt und durch einen neuen ersetzt. Sobald die Beschickung vollendet und die Luft aus dem Ofen entwichen ist, wird die Flamme des elektrischen

Lichtbogens durch die Öffnung u schlagen. Die Öffnung wird nun sofort geschlossen, wodurch die Gase durch den Abzug v nach dem Schornstein geleitet werden, um den oberen Teil des Ofens mit der oberen Elektrode kühl zu erhalten. Zur Erreichung dieses Zweckes findet noch eine weitere Kühlung mittels eines durch die Kanäle x ein- und durch die Schächte w und y abgeführten frischen Luftstromes statt. Das Beschickungsmaterial wird in die Schächte ff mittels flügelradförmiger Zubringer eingeführt. Wenn der Inhalt des Wagens ausserhalb des Ofens genügend abgekühlt ist, wird der Wagen mittels Zapfen vom Gleise abgehoben und umgestürzt. Der Inhalt fällt auf einen Rost aus Eisenstäben, auf denen das Carbid vollständig abkühlt und die Schlacke entfernt wird.

Das Rüttelwerk wird dadurch in Thätigkeit gesetzt, dass die Eisenstange g in der Minute etwa 20mal je 5 *cm* automatisch vor- und wieder rückwärts bewegt wird. Der Wagen folgt diesen Bewegungen auf dem Gleise und erhält bei jedem Anfahren und jedem Halten einen Ruck, der genügt, um die durch die Gasentweichungen entstehenden Höhlungen in dem Rohmaterial auszugleichen. Ausserdem verhindert die Bewegung des Wagens ein längeres Verweilen des Lichtbogens an der gleichen Stelle, wodurch eine bessere Ausnutzung der von demselben entwickelten Hitze gewährt ist. Unter dem Wagengleise befindet sich der Behälter h, in dem das nichtreduzierte Material gesammelt wird, das beim Herausnehmen des Wagens aus demselben fällt. Da es vorkommt, dass zwischen den Kohlestiften und der Innenseite des Stifthalters ein Lichtbogen entsteht, wodurch ein Teil des Halters schmilzt, bringt man zwischen beiden etwa 25 *mm* starke Eisenplatten an. Sie werden durch Stifte festgehalten, die in den Halter eingefügt sind und in entsprechende Höhlungen der Platten passen. Tritt der Fall einer Schmelzung ein, so erstreckt sich die Beschädigung nur auf die Eisenplatten, die leicht ersetzt werden können. Die Kohlestifte sind in diesem Ofen nicht von oxydierenden Gasen umgeben, weshalb ihre Haltbarkeit eine wesentlich grössere, längere ist, wie bei offenen Öfen.

Bei den bisher beschriebenen Ofenkonstruktionen ist die Stirnfläche der senkrecht stehend angeordneten oberen Kohle flach ausgebildet und die untere Elektrode bildet ebenfalls einen ebenen, wagerechten Tisch, auf dem sich das Material befindet, das behandelt werden soll. Da es sich nun als Notwendigkeit ergiebt, alles Material durch den Lichtbogen zu führen, wenn eine befriedigende Ausbeute erhalten werden soll, so hat man vorgeschlagen, das Material mit Hilfe einer Fortführungsschnecke von der Seite durch den Lichtbogen zu pressen oder dem Tiegel eine hin- und hergehende Bewegung zu geben, oder endlich die Bewegung der Elektrode in horizontaler Richtung vorgesehen.

Einen ganz eigenartigen Ofen will Nikolai für die Fabrikation von Calciumcarbid benutzen. Auf einer durch ein Vorgelege v oder dergleichen mit geeigneter Geschwindigkeit in Umdrehung versetzten Welle a (Fig. 26—28) ist ein durch die Arme b mit der Nabe c verbundener Metallkranz d angeordnet, dessen Peripherie durch zwei zur Achse a konzentrische Stegringe e e zu einer ⊔förmigen Hohlrinne ausgebildet ist. Das Innere dieser Hohlrinne ist mit einer gut

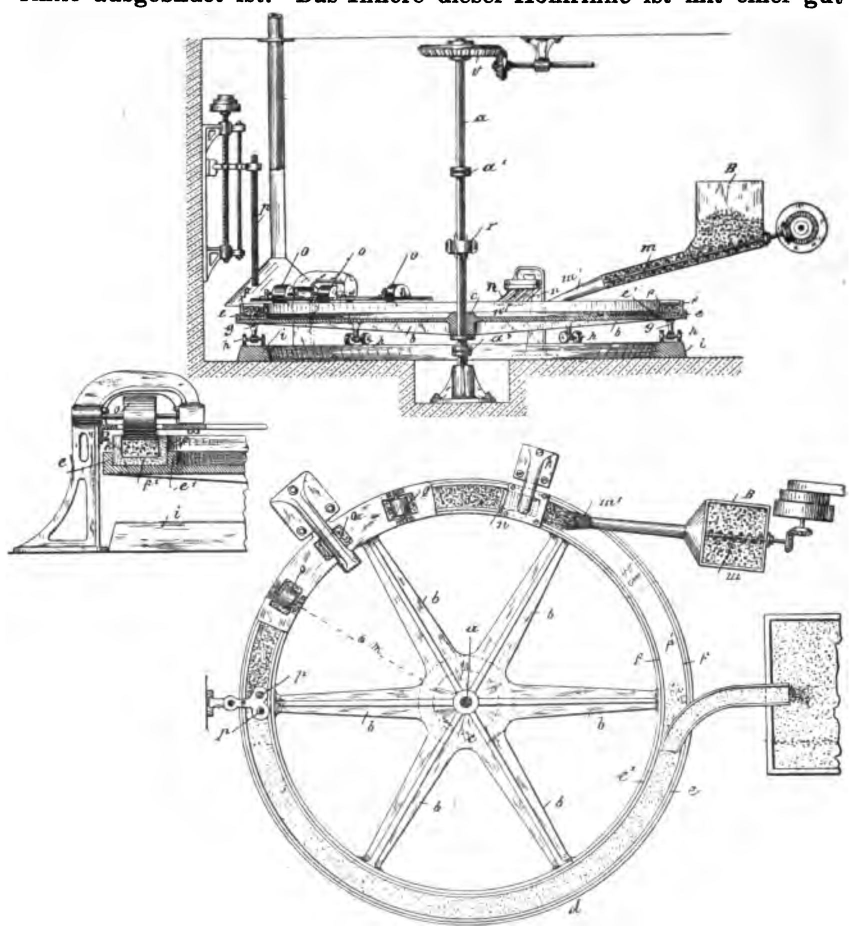


Fig. 26—28.

leitenden, jedoch feuerbeständigen Auskleidung f f versehen, zu der von der Welle a mit Hilfe der sich an den Metallkranz d anschliessenden Arme b die leitende Verbindung hergestellt wird. Zur Unterstützung des Kranzes d sind unterhalb der Kranzperipherie an verschiedenen Stellen Haken g vorgesehen, in welchen isolierte Laufrollen h

drehbar gelagert sind, wobei dieselben auf einer gemauerten Unterlage i aufruhen. Die Zuführung von Rohmaterialien, von Kohle und Kalk, erfolgt kontinuierlich von dem Behälter B aus durch eine Transportschnecke m, welche das Material durch ein Rohr m^1 in die Hohlrinne des Metallkranzes d befördert, derart, dass das stündliche Zuführungsquantum durch eine Veränderung der Geschwindigkeit der Schnecke variabel gestaltet und den jeweiligen Verhältnissen angepasst werden kann. Zur gleichmässigen Verteilung des in die Hohlrinne eingeführten Gemisches, sind an geeigneten Stellen sogenannte Abstreifer n n vorgesehen, welche zur Hauptsache in ihrer einfachsten Gestaltung aus zur Horizontalbewegung des Kranzes d schräg gestellten Platten bestehen und zwischen der Oberfläche des Bodens der Hohlrinne und ihrer abstreifenden Kante n einen bestimmten Spielraum bestehen lassen.

Um weiterhin das gleichmässig durch die Abstreifer n verteilte Gemisch fest zusammenzupressen, sind mehrere federnde Walzen o vorgesehen, welche mit ihrer Längsrichtung radial zum Metallkranze d aufgestellt sind und bei der Drehbewegung des letzteren ebenfalls in Rotation versetzt werden, indem sie sich durch den Andruck auf die Oberfläche des in der Hohlrinne befindlichen Kohle- und Kalkgemisches selbstthätig abrollen.

Zur Schmelzung des in der Rinne befindlichen Rohmaterials ist an geeigneter Stelle des Metallkranzes d eine ihrer Höhenlage nach verstellbare Elektrode p vorgesehen, die entweder automatisch reguliert oder von Hand oder dergleichen verschoben werden kann. Der stromleitende Schluss wird einerseits durch den an die Stromquelle angeschlossenen Kontakt p, andererseits durch die mittels eines Schleifringes r an die Rückleitung angeschlossene Welle a bewirkt, wobei durch die Arme des Kranzes d eine metallische Verbindung mit der feuerbeständigen, gut leitenden Auskleidung f f hergestellt wird. Die Achse a ist natürlich in geeigneter Weise, beispielsweise an den Stellen a und a^2 durch Isolierscheiben von den übrigen stromleitenden Metallteilen der Vorrichtung isoliert, während die an der Schmelzstelle sich entwickelnden heissen Gase zweckmässig durch Rauchfänge, Schornsteine oder dergleichen ins Freie befördert werden. Die Entnahme des durch den elektrischen Strom erzeugten Carbids aus der Hohlrinne erfolgt durch ein schräg gestelltes Messer t, welches, ähnlich wie ein Hobeleisen, die in der Hohlrinne befindliche, inzwischen wieder erhärtete Carbidschicht spanartig abstreift und seitlich in einen hierzu vorgesehenen Behälter führt. In der Praxis ist der Ofen bisher nicht eingeführt.

Auf eine neue Art suchen Siemens & Halske in Berlin die vollständige Berührung des Rohmaterials mit dem Lichtbogen zu erreichen. Das Wesen dieser neuen Erfindung besteht darin, dass

den Elektroden eine solche Form gegeben wird, dass die Zuführung des Materials selbstthätig durch das Eigengewicht geschieht. Fig. 29 zeigt den Schnitt, Fig. 30 den Grundriss eines elektrischen Ofens nach

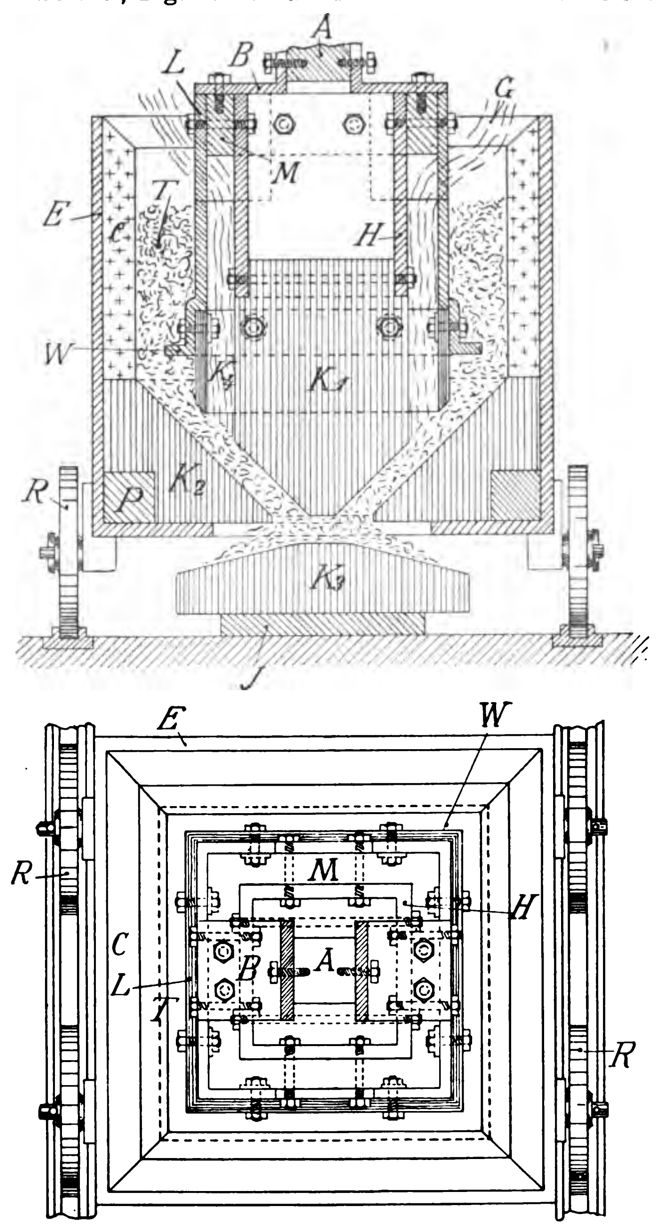


Fig. 29 und 30.

vorliegender Konstruktion. Die obere Elektrode K_1 ist nicht, wie gewöhnlich, unten flach abgeschnitten, sondern keilförmig zugespitzt und die untere Elektrode K_2 hat eine entsprechende Aushöhlung erhalten, sodass das Material in dem Raume zwischen beiden Elektroden wie in einen Füllschacht selbstthätig nachfallen kann. Es hat sich gezeigt, dass das Nachfallen auch dann regelmässig von statten geht, wenn das Material infolge seiner Beschaffenheit die Neigung zeigt, zu backen, da die kleinen Bewegungen, die notwendig der oberen Elektrode erteilt werden müssen, um die Stromstärke zu regulieren, vollständig genügen, um backende Teile zu lockern, namentlich wenn an der beweglichen Kohle vorstehende Leisten W angebracht werden. Es zeigt sich ferner, dass die Form der Elektroden durch den Abbrand nicht wesentlich verändert wird und die Flächen parallel gleichmässig abbrennen. Da ferner der Lichtbogen sich immer an der Stelle bildet, wo beide Elektroden einander am nächsten kommen, so brennen diese Stellen der oberen Elektrode vorzugsweise weg und der Bogen muss alsdann an eine andere Stelle wandern, die nun die nächste geworden ist; jede Stelle des konischen Zwischenraumes muss einmal diejenige der kürzesten Entfernung werden und daher den Lichtbogen erhalten. Einmal kommt hierdurch nach und nach alles zwischen den Elektroden befindliche Material in den Lichtbogen und zweitens bleibt die Form der beiden Kohlen im wesentlichen unverändert.

Bei der Behandlung von Material im elektrischen Ofen findet oft eine ziemlich reichliche Gasentwickelung statt. Durchbricht nun dieses Gas G die Schicht des aufgehäuften Materials T, so geschieht dies gewaltsam und es bildet sich ein enger Kanal, durch den nur verhältnismässig wenig Gas unter hohem Druck entweicht. Es bilden sich daher an der Oberfläche der Materialschicht heftige Stichflammen, die sich sprungweise verändern und durch die unter heftigen Stromschwankungen die bewegliche Kohlestange stark angegriffen wird. Dieser Übelstand wird dadurch beseitigt, dass die obere Kohle an ihrem cylindrischen Teil von einem Mantel umgeben wird, der einen genügend grossen freien Raum zwischen seiner Innenseite und der Aussenseite der Kohle bildet, durch den die Gase G frei unter geringem Druck abziehen können. Der untere Teil dieses Mantels K_4 ist aus Kohle gebildet, um der grossen Hitze besser zu widerstehen, der obere Teil L aus Eisen. Der Zweck des Mantels kann auch dadurch erreicht werden, dass man die obere Kohle an der Aussenfläche mit vertikalen Nuten versieht. A ist das Verbindungsstück der Kohle mit der Regulierungsvorrichtung, E der eiserne äussere Ofenmantel, C die innere Chamotteauskleidung, M ein Metallstück und H der Elektrodenhalter. Der Ofen ist auf den Rädern R beweglich.

Lichtbogen-Öfen mit Vorwärmung der Mischung. Derselbe Zweck, der durch Anordnung des Mantels LK_4 der in Fig. 29 und 30 dargestellten Konstruktion erreicht wird, kann auch dadurch erzielt werden, dass das Material nicht, wie bisher üblich, in Pulverform, sondern in Form von groben Brocken (T, Fig. 31) eingeführt wird, welche genügende Zwischenräume zwischen sich lassen, die dem Gase einen freien Durchtritt gestatten. Zu diesem Zwecke wird das pulverförmige Gemisch mit einem Bindemittel, wie Teer, Pech, Asphalt oder dergl., vermengt und unter Erwärmung nach Art der Presssteine in geeignete Formen gepresst. Die Verwendung dieser Materialform ist in Fig. 31 dargestellt. Aus der konischen Form der Elektroden ergiebt sich ferner noch ein anderer wesentlicher Vorteil. Es ist bei dieser Anordnung nämlich nicht schwer, Abstechvorrichtungen vorzusehen, die ein Entfernen des fertigen Erzeugnisses ohne Unterbrechung des Betriebes ermöglichen. Bei der in Fig. 29 dargestellten Anordnung ist die in der unteren Elektrode angebrachte Höhlung an ihrem unteren Ende mit einem Loch versehen. Dies genügt aber nicht allein, denn die Erfahrung ergiebt, dass wenn das Loch so klein gemacht wird, dass das unbearbeitete Material nicht durchfallen kann, dasselbe leicht und häufig von dem erstarrenden Kuchen des fertigen Erzeugnisses verstopft wird. Die Erfinder ordnen deshalb unterhalb eines genügend grossen Loches ein dachförmig gestaltetes Schlussstück K_8 an, das nach beiden Seiten so weit vorragt, dass das im jeweiligen Böschungswinkel sich anhäufende nachfallende Material noch zurückgehalten wird und auf dem Schlussstück liegen bleibt. Der Versuch zeigte, dass sich das flüssige Erzeugnis alsdann durch das pulverförmige Rohmaterial Bahn bricht und stetig über das Schlussstück K_8 abfliesst. Auf diese Weise wird aber das Erzeugnis in verhältnismässig dünnen Strahlen gewonnen und bietet daher bei seinem Austritt der Luft eine grosse Oberfläche dar. Deshalb würde dieses Verfahren dann zu vermeiden sein, wenn die Beschaffenheit des Erzeugnisses unter dem Einfluss der Luft leidet.

Wenn die im Lichtbogen erzeugte Schmelze sich leicht oxydiert oder leicht erstarrt, so kann die in Fig. 31 und 32 dargestellte, periodisch betriebene, seitliche Abstechvorrichtung vorteilhaft verwendet werden. Die in der unten geschlossenen, unteren Elektrode gebildete seitliche Öffnung wird zunächst durch das nachfallende Material selbst verschlossen und verklebt sich, nachdem der Betrieb begonnen hat, sehr bald mit einem Kuchen R des erstarrten Erzeugnisses. Der Kuchen R (Fig. 31) erhält von selbst an seiner Oberseite eine trichterförmige Vertiefung, in der sich flüssiges Erzeugnis F ansammelt. Um dieses zu entfernen, ist gegenüber dieser Öffnung

ein Bohrer B vorgesehen. Jedesmal, wenn die Bildung von flüssigem Carbid genügend vorgeschritten ist, wird der Kuchen R angebohrt und durch das Bohrloch das flüssige Produkt abgelassen. Endlich zeigen Fig. 31 und 32 noch einen weiteren Vorteil, der durch die konische Kohle erreicht wird. Unter der feststehenden trichterförmigen Elektrode bleiben nämlich freie Eckräume M, die ohne weiteres ge-

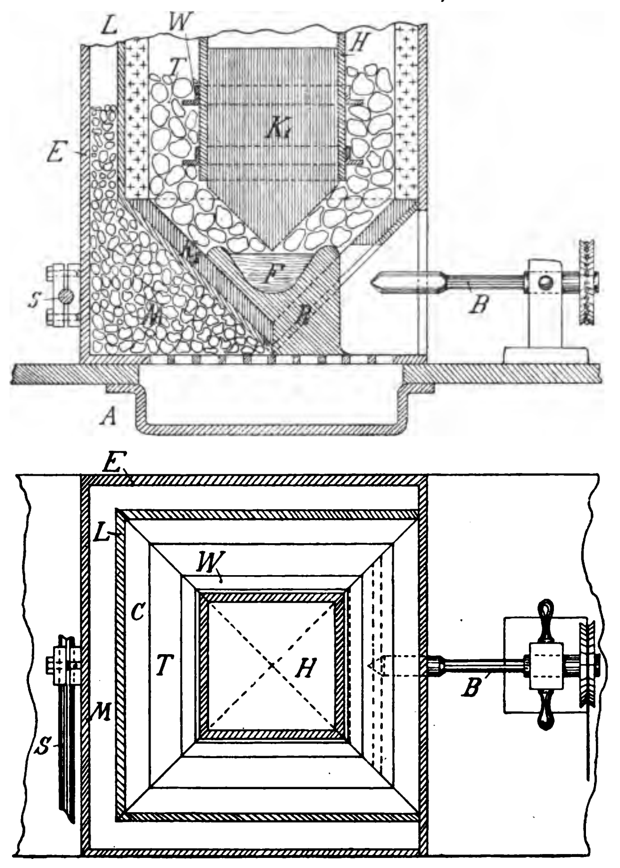


Fig. 31 und 32.

eignet sind, als Feuerung ausgebildet zu werden, durch die der Tiegel vorgewärmt werden kann, wodurch die Temperatur des Materials schon vor der Einwirkung des elektrischen Lichtbogens auf eine beträchtliche Höhe gebracht werden kann, und man hiermit dasselbe erreichen soll, wie Pictet in seinem Ofen. Dass man jedoch ernstlich an diese Art der Vorwärmung im Grossbetriebe denken kann, erscheint ausgeschlossen!

Kürzlich ist noch ein neuer elektrischer Ofen von E. Lelièvre konstruiert worden, der in den Fig. 33 und 34 veranschaulicht ist. Er wird durch einen Cylinder A von feuerfesten Ziegeln, mit einem Durchmesser D (der Ofenstärke entsprechend), gebildet. Etwa 50 *cm* über seiner Grundlinie B sind mehrere Elektroden E (Fig. 33) unter sich in gleichen Winkeln angeordnet. Diese Elektroden sind auf einer Horizontalebene aufgestellt. Die vielfachen Elektroden sollen eine genaue Betriebsregulierung sichern, die Wärme gleichmässig

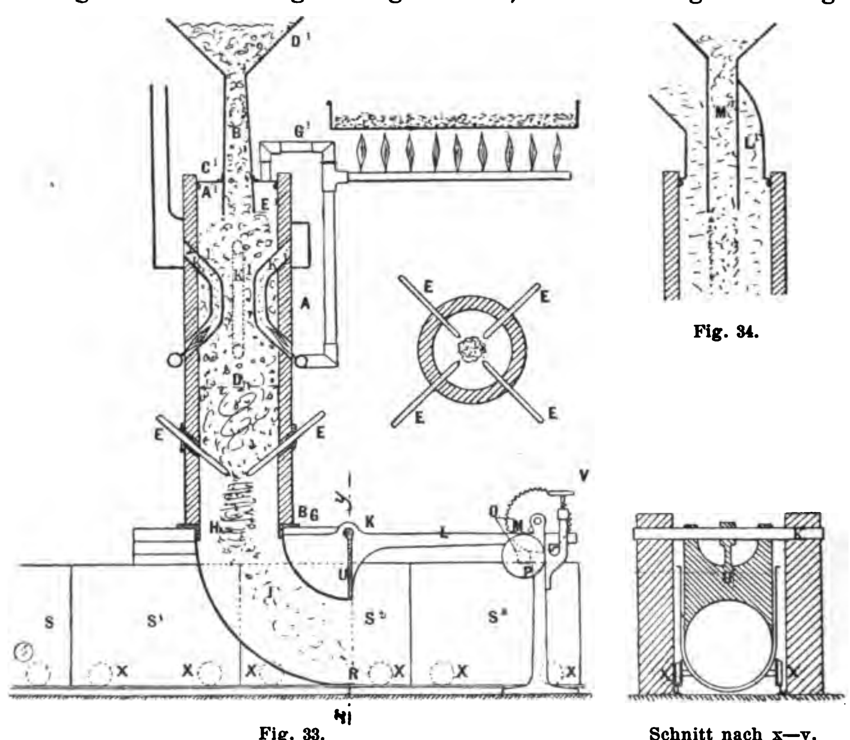


Fig. 33.

Fig. 34.

Schnitt nach x—y.

verteilen und ihre Ergänzung ohne Unterbrechung des Betriebes gestatten. Die Anordnung kann bei Wechsel- und Gleichstrom verwendet werden. Die Stellung kann sich ausserdem je nach der zu schmelzenden Materie verändern. Die Basis B dieses Cylinders ruht auf einer gusseisernen Grundplatte G, die eine cylinderförmige Öffnung von gleichem Durchmesser wie der innere des Ofens hat. Unter dieser Platte und entsprechend der Öffnung befindet sich ein gusseiserner Cylinder H von 10 *cm* Höhe, mit einem gleichen Durchmesser wie der des Ofens und von etwa 1 *cm* Stärke. Diese Platte wird von zwei parallelen Wänden von einigen Centimetern grösserem

Abstand als der äussere Durchmesser des Cylinders neben der Grundplatte getragen, um dort ein rechtwinkliges Knie J, mit innerem Durchmesser gleich dem äusseren des erwähnten Cylinders, frei zu placieren. Dieses Knie wird in seinem Biegungscentrum K von einem Gusseisenstück getragen, das ihm gestattet, eine zu seiner Krümmung ganz konzentrische Oscillationsbewegung auszuführen. Diese Bewegung wird durch den Hebel L des Daumens M bestimmt, der durch Triebwerk, Getriebe und Rolle, nach Anordnung O angetrieben wird. Die Zahl der Schwingungen wird ein für allemal durch die Geschwindigkeit der Rolle reguliert und die Amplitude allein nach der Anordnung des Leiters durch die Schraube V verändert. Das Knie J fügt die Röhre von 10 *cm* Höhe zusammen und ist so angeordnet, dass die Grösse seiner Schwingungen, auf 4 — 5 *cm* im Maximum reduziert, ihnen nicht gestattet, das Rohr zu verschieben. Das Knieende R ist gleichsam in einem Trog eingebettet, dessen innerer Teil ein Halbcylinder von einigen Millimetern grösserem Durchmesser, wie der äussere des Knies ist. Das Ende des letzteren trägt einen gusseisernen Teil U, der mit der Knieöffnung eine dem Querschnitt des Troges ganz ähnliche Oberfläche bildet.

Die Seiten des Troges stehen senkrecht. Der Trog wird durch bewegliche Abschnitte S, S^1, S^2, S^3 gebildet und ist auf Gleisen durch die Räder H transportabel. Der obere Teil des Ofens wird durch einen Deckel C^1, der auf einem Eisen in U ruht, verschlossen, A^1 ist mit Sand oder besser mit pulverisiertem Schmelzstoff gefüllt. Durch die Mitte des Deckels geht das Beschickungsrohr B^1, das 25 *cm* unter den Deckel hinabreicht. Das obere Ende steht mit dem Boden eines Speisetrichters D^1 in Verbindung. Den freien Raum zwischen Deckel und Material bildet die Gaskammer E^1. Dieselbe gestattet den leichten Teilen, die durch die Gase weggeführt werden könnten, sich niederzuschlagen. Die Gasprodukte werden durch ein am Deckel befestigtes Rohr G zu den Brennern, den Kondensations- oder Schmelzapparaten oder in die Mitte der Produkte, die mit ihnen in Verbindung treten können, geführt. Ausserdem ist es von Wichtigkeit, den Rückstand der frei werdenden Produkte kontrollieren zu können. Die Gasprodukte werden im Verhältnis zu der Verbrennung der in den Ofen eingeführten Stoffe frei und man hat dann einen guten Maassstab für die Leitung derselben.

Für die Fabrikation des Calciumcarbids empfiehlt der Erfinder gleichfalls, das freiwerdende Kohlenoxydgas zu verbrennen und die Wärme zum Vorwärmen des Kalk- und Kohlegemisches zu verwenden. Für diesen Zweck sind die Auffangkammern mit Röhrenbündeln K^1 versehen. Der Ofen kann auch ein Beschickungsrohr L^1 erhalten, um den zu schmelzenden Stoff in die Mitte einführen zu können (Fig. 34).

Vor dem Ingangsetzen des Ofens füllt man ihn vollständig mit Kalk-Kohle-Mischung. Im Moment ist ein Teil des Troges gefüllt und das Knie ist voll. Man lässt dann den Strom durch die Elektroden gehen und der Schmelzprozess beginnt. Infolge der Bewegungen des Knies fällt der Stoff langsam, um sich selbstthätig in den Trog festzusetzen, der sich bei jeder Bewegung des Knies verschiebt. Die vollen Teile des Troges werden geleert und wieder zu den leeren gebracht. Die Operation geht so fort, das in Schmelzung getretene Kalk-Kohle-Gemisch steigt in das Knie herab, indem es stets die Mitte des nicht geschmolzenen Stoffes konserviert und so in einen teigigen Zustand gelangt. Andererseits vermischen sich über dem Lichtbogen die durch Verbrennung erzeugten Gase, da sie einen grossen Weg mitten durch das Material zu nehmen haben, mit demselben und geben ihre Wärme an dieses ab.

Pictets Ofen (Fig. 35 und 36) ist dadurch gekennzeichnet, dass die Mischung fortschreitend unter Steigerung der Temperatur durch Verbrennung erhitzt wird, während die Reaktion durch den elektrischen Bogen beendet wird. Pictet hat in seinem Patentanspruch zunächst eine Ausführungsform nach dem obigen Verfahren hervorgehoben, darin bestehend, dass die Mischung von Kalk und Kohle fortschreitend erhitzt wird, und zwar durch die Verbrennung von Kohle unter dem Einfluss eines starken Luftstromes in dem oberen Teil des Ofens, ferner durch ein Wasserstoff-Sauerstoff-Gebläse oder Wassergas unter Verwendung des von dem Kalke abgegebenen Sauerstoffes zur Erhöhung des Heizeffektes oder unter künstlicher Zuführung von reinem Sauerstoff, Luft oder Luft in Mischung von Sauerstoff und endlich durch den elektrischen Bogen zur Beendigung der Operation.

Der Ofen zur Ausführung dieses Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass etagenweise Röhren zur Einführung von Luft d, Wasserstoff und Sauerstoff f g angeordnet sind, während am Boden des Ofens mehrere Kohleelektroden liegen, sodass in der Mitte des Ofens, zwischen den Enden der Kohlen i i bei h ein elektrischer Bogen erzeugt werden kann, wobei das geschmolzene Carbid p durch die Öffnung n in einen unter dem Ofen befindlichen Behälter l fliessen kann. Dieser Behälter kann, wie beispielsweise bei dem Willson-Ofen, auf Schienen zur bequemen Fortbewegung laufen. In der Abbildung ist natürlich nur das Prinzip der Ofenkonstruktion gezeichnet, das bei praktischer Anwendung noch die übliche Ausgestaltung bezüglich der Beschickung, des Abstichs des Carbids, der Elektrodenregulierung u. s. w. erfahren müsste. In die Öffnung c wird das Gemisch eingefüllt und sofort dem heissen Luftstrome ausgesetzt. a ist der äussere Chamottemantel des Ofens, b der innere Kohlemantel. Die Öffnung n ist mit kraterförmigen Wandver-

stärkungen versehen, um durch die Anwesenheit von Calciumcarbid eine Verminderung des Angriffes der Ofenwände zu bewirken.

Dem Fachmanne wird es klar sein, dass diese Ofenkonstruktion etwas für sich hat und den Aufwand elektrischer Energie wesentlich ermässigt, da das Gemisch in einem sehr stark erhitzten Zustande dem elektrischen Bogen ausgesetzt ist. Jedoch ist die Vorwärmung

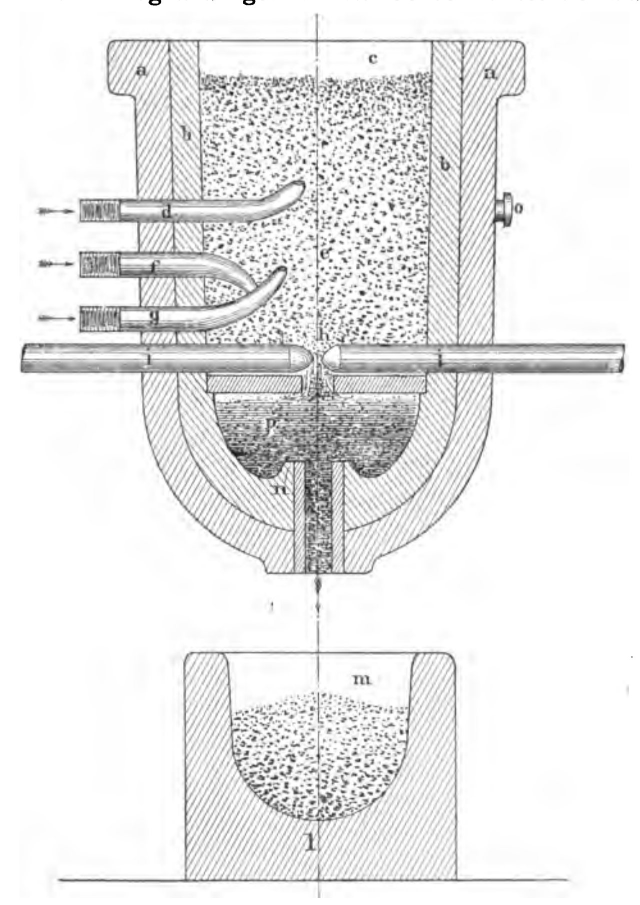


Fig. 35 und 36.

auch schon durch das während des Schmelzvorganges entstehende Kohlenoxydgas zu erreichen, wenn dieses, anstatt nutzlos zu entweichen, durch die Beschickungskammer geführt wird. Der Pictetsche Ofen erhöht diese Wirkung auf künstliche Weise um ein bedeutendes durch Anwendung eines Gebläses. Die Kosten der geringeren elektrischen Energie dürften vielleicht hierdurch auf-

gewogen werden, da zum Betriebe des Gebläses eine separate Kraftquelle nötig ist. Bei meinen kleineren Versuchen habe ich durch die ausströmenden Gase einen für den Zweck besonders abgeänderten Motor betrieben, an den ein kleines Gebläse direkt gekuppelt war. Der Kostenaufwand für eine separate Kraft für das Antreiben des Gebläses fiel hierdurch fort, denn es wäre bei grossen Anlagen kein Nutzen gegenüber den anderen Öfen ohne Vorwärmung zu erzielen, wenn die geringere Kraft, die für die Erzeugung des elektrischen Lichtbogens erzeugt würde, andererseits zum Antrieb der Gebläse verbraucht werden müsste.

Der in diese Kategorie gehörige Ofen von F. Liebetanz ermöglicht einen vollkommen kontinuierlichen Betrieb. Bei der Konstruktion des Ofens, dessen Abbildung und detaillierte Beschreibung aus patentgesetzlichen Gründen vorerst noch nicht erfolgen kann, ist der Verfasser von dem Gesichtspunkte ausgegangen, einen dem üblichen Hochofenprozess analogen Betrieb der Carbidfabrikation zu ermöglichen, wodurch keinerlei Unterbrechung stattfindet. Die Schmelzung der Mischung geht in besonders intensiver Weise vor sich und die Vorwärmung geschieht unter voller Ausnutzung der in den entweichenden Gasen enthaltenen Wärme.

Bergmann will bei der Darstellung von Carbiden im elektrischen Ofen mit Holzkohlen die Beobachtung gemacht haben, dass die Carbide sehr lange in flüssigem Zustande verharren. Diese Beobachtung hat zu dem Versuche angeregt, die Wärme des Schmelzproduktes zur Vorwärmung anderer elektrischer Schmelzöfen nutzbar zu machen. Durch die Verbindung mehrerer Öfen wurde es möglich, das in dem einen gebildete Carbid zur Vorwärmung der anderen Öfen zu verwenden und auf diese Weise eine nennenswerte Ersparnis an elektrischer Energie zu erzielen. Fig. 37 zeigt drei stufenförmig übereinander angeordnete elektrische Öfen I, II und III bekannter Konstruktion, deren Sohlen so verbunden sind, dass die im oberen Ofen sich bildende flüssige Masse ununterbrochen durch den mittleren Ofen durchfliesst, dort einen Teil ihrer Wärme abgiebt, in den dritten Ofen übertritt und auch diesen vorwärmt, bevor sie denselben verlässt. A ist die Einstellvorrichtung für die Elektrode E. Ein Trichter B und ein mit Transportschnecke S versehenes Gerinne führen das Material in die Schmelzkammer. Der Raum D stellt eine Flugstaubkammer dar, durch welche die gasförmigen Produkte des Schmelzprozesses abziehen. Am Boden dieser Kammer D befindet sich ein Schieber F zum Entleeren des Flugstaubes. Das Verbindungsrohr R zwischen den einzelnen Öfen O ist so angelegt, dass seine Achse eine schräg nach unten gerichtete Gerade bildet.

Zuerst wird der oberste Ofen in Betrieb gesetzt; nachdem das daraus abfliessende geschmolzene Carbid die tiefer liegenden Öfen genügend vorgewärmt hat, werden auch diese Öfen in Betrieb gesetzt. Aus dieser Anordnung hat sich eine grosse Ersparnis an elektrischer Energie ergeben, die bei dem ersten Versuche schon über 20% betrug. Es ist unklar, welche Mischung man bei den Versuchen anwendete. Die übliche Mischung für Calciumcarbid ergiebt keine so flüssige Schmelze, dass sie von einen Ofen in den anderen in angedeuteter Art fliessen würde.

Widerstands-Öfen. Obgleich von den elektrischen Öfen mit Widerstandserhitzung fast keiner im praktischen Grossbetriebe in Gebrauch ist, sollen einige derselben dennoch der Vollständigkeit halber besprochen werden.

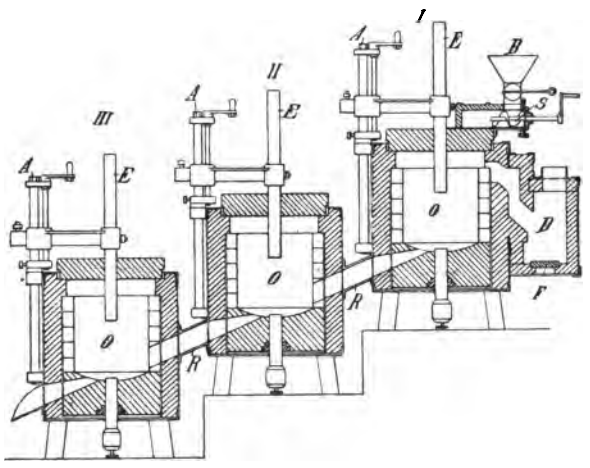


Fig. 37.

Einer der ältesten Öfen dieser Kategorie ist der elektrische Ofen der Gebrüder Cowles in Cleveland (V. St. A.), der mehrfach zur Carbiddarstellung in Anwendung kam und in Fig. 38 im Schnitt veranschaulicht wird. Der Ofenmantel besteht aus Chamottesteinen und erhält beiderseits Öffnungen zum Einführen der Kohlestäbe E, die mit dem Metallblock M fest verbunden sind. Letzterer schliesst an die Kupferstäbe K, die an ihrem äusseren Ende in das Kupferstück V auslaufen, in das die Kabelenden L münden. Jede Elektrode wird aus einem Bündel von 7—9 Kohlestäben von je 64 *mm* Durchmesser gebildet. Das cylindrische Kopfstück M besteht aus Kupfer. Die geneigt liegenden Gusseisenrohre R dienen zur Einführung der Elektroden. Mittels der Schraube S, die an das Verschlussstück F des Rohres stösst und in einer an den Kupferstab festgeklemmten

Mutter bei Z ihre Führung hat, lassen sich die Elektroden vor- und rückwärts bewegen, wie es durch die Stromregulierung erforderlich wird.

Am Boden des Ofens kann eine Abstichöffnung angebracht werden, durch die das fertige Carbid abgelassen wird. Die bei dem Schmelzprozess entstehenden Gase werden durch das Füllrohr in den (nicht gezeichneten) Fülltrichter geführt, wobei sie das Kalk-Kohle-Gemisch vorwärmen. In der Abbildung sind die Gase im brennenden Zustande gezeichnet, wie dies bei der Aluminiumbronze-Darstellung geschieht. Für diese Fabrikation war der Ofen ursprünglich konstruiert und ist auch noch heute hierfür vielfach in Benutzung. Der Cowles-Ofen ist einer der ältesten elektrischen Öfen; das erste Patent auf ihn datiert bereits aus dem Jahre 1884. Die Beschickung des Ofens kann auf die einfachste Weise durch geeignet angebrachte

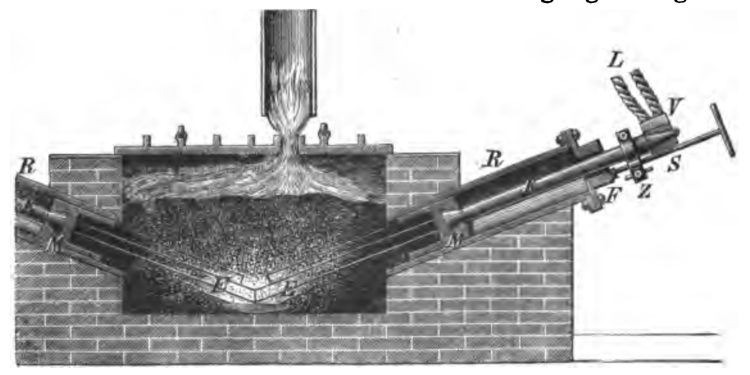


Fig. 38.

Füllschächte geschehen, wie dies bereits mehrfach bei den früher beschriebenen Öfen angedeutet wurde. Entgegen dem Vorgange im Söhns'schen, Borchers'schen oder Acheson'schen Ofen wird im Cowles-Ofen das Beschickungsmaterial fast im Nu auf eine genügend hohe Schmelztemperatur gebracht, weshalb die Reaktion eine sehr konstante und schwankungslose ist. Ob bei dem Cowles-Ofen die Verschmelzung der Kohlestifte (E E) mit dem Beschickungsmaterial während des Schmelzprozesses eine so innige ist, wie z. B. bei dem Acheson'schen oder Söhns'schen Ofen, erscheint zweifelhaft. Bei Versuchen im kleineren Masse habe ich eine bestimmte Schlussfolgerung aus dem Verhalten und der Form des Carbids hierauf nicht ziehen können. Auch hat man diese innige Verschmelzung seitens der Erfinder wahrscheinlich schon von vornherein als ausgeschlossen erachtet, da in diesem Falle die Regulierung des Elektrodennachschubs nicht erforderlich wäre oder doch auf eine ganz andere Weise, wie dies beim Cowles-Ofen geschieht.

Während beim Cowles-Ofen ein fester Widerstand zur Reduktion eingeschaltet wird, benutzte Paul Héroult in seinem Ofen für diesen Zweck ein Elektrolyt — das geschmolzene Produkt. Bei dem Héroult-Ofen (Fig. 39 und 40), der in Deutschland bereits im Dezember 1887 patentiert wurde, wird ein auf dem Boden isoliert aufliegendes Gefäss a aus Eisen oder Metall mit einer starken Ausfütterung A von Kohleplatten versehen, die unter sich durch einen Kohlekitt verbunden sind. Als Kitt kann Teer, Fruchtzucker, Sirup u. s. w. verwendet werden. Der das Bassin A umschlossen haltende Kasten a muss gut leitend sein. Will man eine sehr gute Leitungsfähigkeit durch innigste Berührung der äusseren Bassinkohlenwände mit der Innenwand des Kastens a, erzielen, so wird derselbe um den Kohletiegel A herum gegossen, um durch das Erkalten die innigste Berührung mit der Kohle zu erzielen. Im Kasten A befindet sich eine Anzahl Stifte a′ aus Kupfer, die den negativen elektrischen Strom mit geringstem Widerstande nach innen zum Bassin A führen. In diese taucht die genannte positive Elektrode B, deren einzelne Kohlestäbe entweder aufeinander gelegt oder mit Zwischenräumen versehen sind, die dann mit leitendem Materiale (Kupfer oder Kohle) ausgefüllt sein müssen. Am oberen Ende sind die Kohleplatten b durch den Rahmen g zusammengefasst, dessen Öse l zum Einhängen in die Kette dient, mittels der das Kohlebündel entsprechend eingestellt wird. Das die Peripherie des Kohlebündels umschliessende Rahmenstück b ist mit den nötigen Klemmvor-

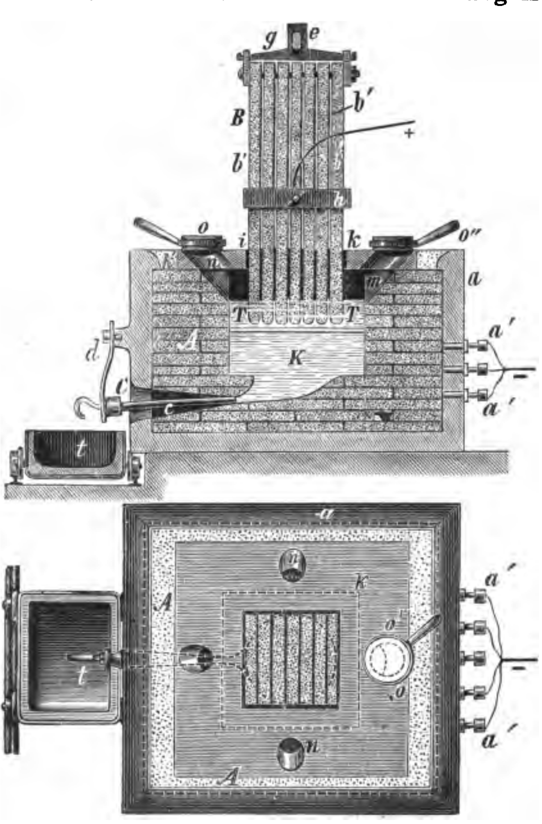


Fig. 39 und 40.

richtungen, wie Schrauben u. dgl., zur Fixierung des positiven Kabels versehen.

Mit Ausnahme eines für die senkrechte Bewegung des Kohlebündels nötigen Spielraumes i wird die Öffnung des Bassins B durch Graphitplatten k überdeckt, worin einige Öffnungen n zur Materialeinführung angebracht sind. Entsprechend diesen Öffnungen sind an den Seitenwänden von B erforderlichenfalls auch Aussparungen vorgesehen. Die mit einer Einfassung o′ samt Griff o″ versehenen beweglichen Platten o dienen zum Zudecken der Löcher n. Zwischen der Graphitplatte k und dem Rande des Kastens a ist eine Ausfüllung k′ von Holzkohlepulver.

Die Beschickung des Ofens geht in der bekannten Weise von statten. Der Betrieb ist ein kontinuierlicher, indem das fertige Carbid durch Zurückziehen des Kohlestabes c aus dem Stichloch C in den Kasten t fliesst, von wo es direkt abgefahren werden kann, während durch nm immer neues Material eingefüllt werden kann. Der abgebildete Ofen ist namentlich für Aluminiumbronze-Darstellung berechnet, infolgedessen die Beschickungsvorrichtung nicht in der für die Carbidfabrikation nötigen Anordnung gezeichnet ist. Dem verstorbenen Direktor Kiliani der »Aluminium-Industrie-Aktien-Gesellschaft« in Neuhausen gelang es, den Ofen auch zur Reinaluminium-Darstellung umzuändern, was durch eine andere Ofenauskleidung und Beschickung geschah.

Eine eigentümliche elektrische Schmelzvorrichtung wendet E. G. Acheson zur Herstellung seines künstlichen Schleifmittels Carborundum an. Dieses Schleifmittel besteht aus Kohle bezw. Koks, Sand, Salz und Kork. Der Acheson'sche elektrische Ofen ist, da bei der Carborundumfabrikation Temperaturen von 3000—4000° erreicht werden, auch für die Calciumfabrikation zu verwenden, weshalb wir denselben dem Rahmen des Buches eingefügt haben.

Fig. 41 zeigt die Seitenansicht, teilweise im Schnitt, eines solchen Ofens, während Fig. 42 einen vertikalen Querschnitt desselben darstellt. Der auf einem soliden gemauerten Fundament A angeordnete Ofentrog von länglich rechteckiger Form hat die Seitenwandungen A^1 und die Endwände A^2. Die Seitenwandungen A^1 werden mit undichten Fugen zwischen den Ziegeln u. s. w. aufgeführt, sodass sie ein freies Entweichen der während des Betriebes sich entwickelnden Gase gestatten. Indem diese Gase da, wo sie entweichen, verbrennen, wird in grösserem oder geringerem Maasse die Ofenhitze und Erhitzung des Behandlungsmaterials unterstützt, woraus eine gewisse Ersparnis an Betriebsstrom erfolgt. An den Endwänden A^2 werden die aus Stäben oder Platten bestehenden Kohleelektroden B eingelagert. Gemäss Fig. 41 und 42 führt eine Anzahl Kohlestäbe

durch zweckmässig mit Asbest (bei a) ausgefütterte Öffnungen und ihre Aussenenden sind in bekannter Art mittels einer Polklemmplatte B [1] vereinigt, an die der Leiter von der Stromquelle S heranführt. Ein einziger durch eine Fassung mit dem Leiter verbundener Kohleblock B oder mehrere bündelweise vereinigte Kohleprismen

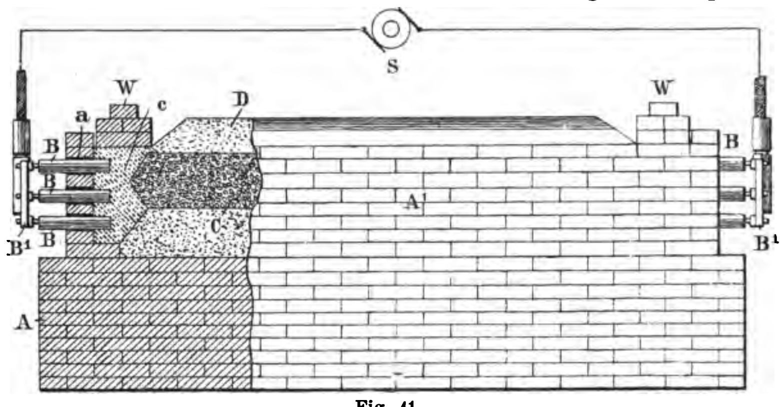


Fig. 41.

sind ebenfalls als Elektroden für den Ofen geeignet. Namentlich ist auf eine genügend grosse Kontaktfläche zwischen den inneren Enden der Kohleelektroden und dem daran anschliessenden Kern, sowie auf eine gleiche Verteilung des Stromes an den Kohlestäben u. s. w. Rücksicht zu nehmen.

Wird der Ofen zum Betriebe vorbereitet, so ordnet man im Innern des Gemisches einen Kanal, den Raum zur Ausfüllung mit dem Kern C an. Dieser Kern soll hauptsächlich aus irgend einem feuerbeständigen Material bestehen, das dem Stromdurchgange einen grösseren oder geringeren Widerstand entgegensetzt, dabei aber immerhin einen geringeren Widerstand als das zu behandelnde Gemisch hat. — Anstatt den Kern in seiner ganzen Länge gleichförmig herzustellen, lässt man die Grösse der Bestandteile oder

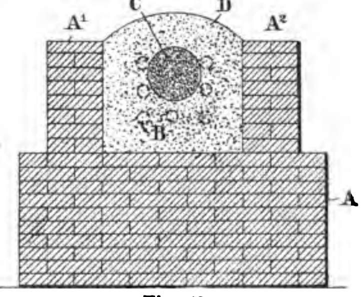


Fig. 42.

Körper an den Kernenden abnehmen, wodurch ein innigerer Elektrodenkontakt und infolgedessen ein leichterer Stromdurchgang erzielt wird. Mit c ist ein Stück des Kernes bezeichnet, das aus Material von geringerer Korngrösse hergestellt ist.

Sehr wichtig ist eine Maassnahme, wodurch verhindert werden soll, dass das zu behandelnde Material mit den Elektroden in

Berührung kommt, weil in diesem Falle leicht eine Krustenbildung an den Elektroden auftritt, die den freien Durchgang des Stromes beeinträchtigt. Aus diesem Grunde lässt man die Elektroden in den Körper des Kernes vorspringen (s. c). Zum Zwecke, die innige Berührung der Kernbestandteile und der Elektroden zu unterstützen, bringt man unter Umständen ein Gewicht W, wie bei Fig. 41 ersichtlich, an; wesentlich denselben Erfolg kann man aber auch durch eine geeignete Aufschichtung des Kernmaterials erreichen, wobei das Gewicht der Masse selbst den Kontakt aufrecht zu erhalten strebt. In der Umgebung des so hergestellten Kernes wird die mit D bezeichnete Materialmasse, die der Behandlung bezw. starken Erhitzung unterzogen werden soll, angeordnet.

Acheson giebt an, dass vorzugsweise körnige Kohle günstig verwendet werden kann, und aus demselben Grunde kann man dies auch für Carbid in Betracht ziehen. Bei Anwendung solcher Kohle kann der Körnungsgrad nach dem Stromverbrauch und den Abmessungen des elektrischen Ofens variieren. Beispielsweise ist eine Körnergrösse von 4—5 *mm* zweckmässig, wenn der Kern nahezu 2,5 *m* lang angenommen ist und der Höchstbetrag an elektrischer Energie sich auf 100000 Watt beläuft, für den ein Kerndurchmesser von 25 *mm* an angewendet wird. Die angegebenen Kernabmessungen beziehen sich auf von bituminöser Kohle erhaltenen Koks von Durchschnittsqualität als Kohlenmaterial. Wenn zur Kernbildung schon im Ofen vorbenutztes Körnermaterial angewendet wird, so ist es erforderlich, den Durchmesser der Körner kleiner als denjenigen der ursprünglichen Kokskörner zu wählen.

Lange vor Acheson hatte Borchers nach dem gleichen Prinzip der Widerstandserhitzung Versuche angestellt, um Metalloxyde durch elektrisch erhitzten Kohlenstoff zu reduzieren. Sein erster Ofen war für Ströme von 12 Volt und 120 Ampère eingerichtet. Später wurde speziell für grössere Versuche zur Carbiddarstellung der beistehend im Schnitt gezeichnete Ofen[1]) konstruiert (Fig. 43). Es standen dort 20 e PS zur Verfügung, die in Form eines Stromes von 24 Volt und 610 Ampère gegeben waren. Die Leitungsschiene L und die Leitungsplatten L^1 sind auf einem langen Mauerblock durch die Ankerbolzen B befestigt. Die zweite, in der Figur nicht gezeichnete Hauptleitung kann beliebig durch die Schalter A und Zweigleitung Z mit den Leitungsplatten L^1 verbunden werden. Die Zweigleitung Z ist an L^1 mittels der Kontaktschraube C befestigt. Die Kohleplatten K werden nun auf den Leitungen L und L^1 durch die Schraubenbolzen S und die Klammern V festgeklemmt, nachdem

---

[1]) W. Borchers, Elektro-Metallurgie 1896, 85.

vorher die 4 *mm* dicken und 80 *mm* langen Kohlestäbe k dazwischen gelegt wurden, wie es aus der Abbildung deutlich hervorgeht. Die so zusammengefügten Kohleplatten bilden die Vorder- und Rückwände des Ofens, während trocken zusammengelegte Chamottesteine die Seitenwände ergeben. Der Chamotteaufsatz G soll einen Überschuss von Beschickungsmaterial oder grobes Kohlepulver zur Abhaltung der Luft aufnehmen.

Der die Kohlestäbe k enthaltende Raum wird mit dem Kalk-Koks-Gemisch vollständig gefüllt, der als Gicht dienende Aufsatz G

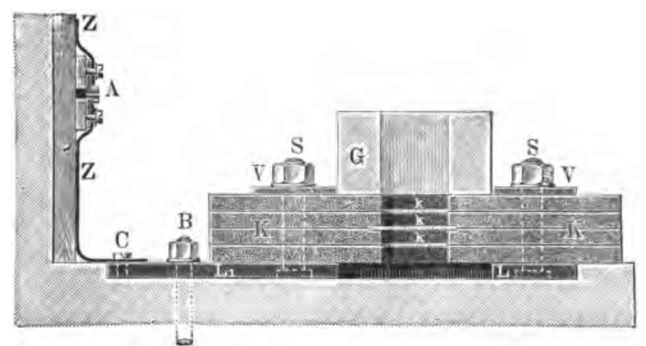


Fig. 43.

wird voll überschüssiger Mischung mit einer Decke von Holzkohlepulver geschüttet und nun schaltet man den Ofen ein. Bei einer Stromdichte von 9—10 Ampère auf den Quadratmillimeter Querschnitt der Stäbe k, ist die Hauptmasse des Ofeninhaltes nach Borchers Angaben in fünf Minuten reduziert. Leider giebt Borchers

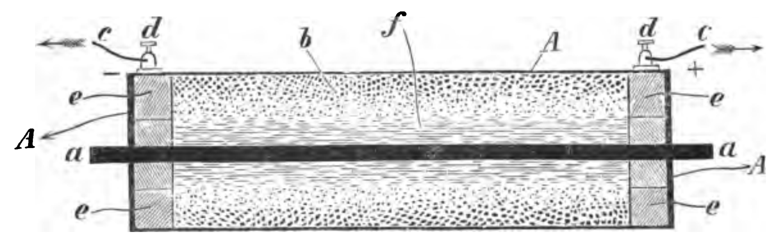


Fig. 44.

sonst nichts näheres über die Ökonomie des Ofens an und ferner auch nicht über die Entfernung des fertigen Carbides und die Erneuerung der Füllung.

Ein ganz ähnliches Verfahren zur Herstellung von Calciumcarbid hat W. Söhns zum Patent angemeldet. In dem Gefäss A (Fig. 44) aus feuerfestem Material befindet sich ein Kohlestift a, der in zwei in den gegenüberliegenden Seiten des Gefässes befind-

lichen Offnungen ruht bezw. hindurchgeht. Das Gefäss A besteht im vorliegenden Falle aus einem mit Asbest oder sonstiger feuerfester Masse isolierten Holzkasten. In die Kohleplatten e wird beiderseits eine Elektrode geleitet, deren Leitungsdrähte c mittels Klemmen d an den Kohlenplatten resp. der Gefässwand befestigt sind. Der Kasten A wird mit dem Kalk-Kohle-Gemisch b gefüllt und sodann der Strom in die Füllung geleitet. Bei der Anfangsspannung kommt der Kohlestift a zum Glühen und es bildet sich um denselben ein kleiner Cylinder von Calciumcarbid. Verstärkt man nun den Strom, so schmilzt der Kohlenstoff in die Masse und das entstandene Calciumcarbid resp. die in demselben enthaltene Kohle bildet weiterhin den Leiter für die Elektrizität, sodass die ganze Masse (auch die Kohleplatten e) zusammenschmilzt und das auf diese Weise entstandene flüssige Calciumcarbid f den Strom weiter leitet.

Man kann nun an dem Kasten A eine Abstichöffnung anbringen, um die Herstellung von Calciumcarbid durch stetes Abfliessenlassen des erzeugten Produktes und frische Zufuhr von Kalk und Kohle vollkommen kontinuierlich zu gestalten. Hierbei ist nur darauf zu achten, dass die Elektroden immer Leitungsmaterial finden, da sonst bei Eintritt einer Stromunterbrechung auch der Prozess gehemmt wird und das Neueinlegen eines Kohlestiftes als Ersatz des verbrauchten erforderlich ist.

Ofen von Maxim und Graham (Fig. 45). Die Einrichtung bezweckt eine dauernde Thätigkeit des Ofens. Die Konstruktion zeichnet sich durch ihre Einfachheit besonders aus und die praktische Verwendung lässt ferner grosse Ersparnis an Kraft zu.

Der Ofen ist so eingerichtet, dass eine bestimmte Anzahl elektrischer Ströme in den Ofen durch eine entsprechende Anzahl getrennter Elektroden eintreten und sich in einer gemeinschaftlichen Elektrode vereinigen. Die Einrichtung ist derart, dass die Elektroden unter sich verbunden sind, sodass der Strom durch mehrere getrennte Elektroden in den Ofen gelangt, nach der gemeinschaftlichen Elektrode geleitet wird und dann durch die übrigen Einzel-Elektroden zurückkommt. Diese Einrichtung soll zahlreiche Vorteile bieten und namentlich denjenigen, dass sie nur die Hälfte des Wertes des bei den üblichen Systemen nötigen Leitungsmaterials verlangt. Durch die Einrichtung wird jede Verbindung der gemeinschaftlichen Elektroden mit dem Äusseren des Ofens vermieden. Die Elektrode kann eine weit weniger grosse sein, und man kann unabhängig von den anderen den Strom messen, der durch jede Elektrode geht. Der durch die eine Elektrode gehende Strom kann unterbrochen werden, ohne dass dieses einen wesentlichen Einfluss auf die anderen hat. Mit dieser Einrichtung kann eine weit höhere Spannung, als bisher

möglich war, in Anwendung kommen, wobei der Strom nur einmal durch den Ofen geht, denn man wird leicht begreifen, dass mit der beschriebenen Einrichtung der Strom nicht bloss einmal einen Widerstand passiert, sondern er gelangt durch Zusatzwiderstände in den Ofen zurück, was eine höhere elektromotorische Kraft verlangt.

Der Ofen ist aus Feuersteinen gebaut, in länglicher, kastenförmiger Form (1). Die gemeinschaftliche Elektrode besteht aus einer Kohleplatte (2), die ziemlich breit ist und an der Seite des Ofens senkrecht angebracht ist. Die getrennten Elektroden bestehen aus sechs Kohlestangen (3), die in gleicher Entfernung horizontal liegen und durch die entgegengesetzte Seite des Ofens gehen. Die äussere Seite einer jeden Elektrode ist mittels eines Befestigungsringes (4), einer Kohle (5), eines Hebels (6) und eines Ampèremeters (7), welches

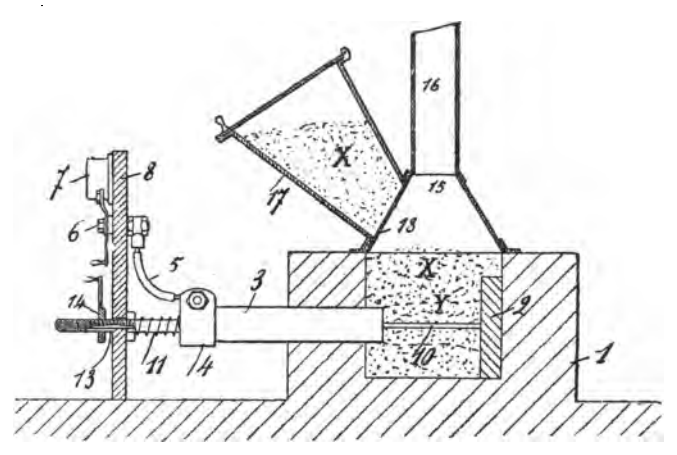


Fig. 45.

auf einem Brettchen oder Tafel (8) angebracht ist, durch eine Leitung mit der Dynamo verbunden. Zwischen jeder getrennten Elektrode (die nicht in der Ofenwand befestigt ist) und der gemeinschaftlichen Elektrode befindet sich eine kleine Kohlestange (10), die in engem Kontakt mit diesen Elektroden mittels einer Spiralfeder (11) gehalten wird. Sie ist so eingerichtet, dass sie einen Druck auf die Enden der getrennten Elektroden ausübt. Die Feder (11) stützt sich gegen die Tafel (8) und wird von einer Stange getragen, welche fest an das äussere Ende der Elektroden (3) befestigt ist.

Der Ofen soll mit einem Hut (15) versehen sein, der mit dem Schornstein (16) in Verbindung steht, welcher die sich entwickelnden Gase aufnimmt, wenn der Ofen in Thätigkeit ist. Ein Raum (17) enthält den Stoff, den man behandeln will. Wenn man an der ge-

meinschaftlichen Elektrode einen Leiter anzubringen wünscht, kann sie nach dem Äussern des Ofens verlängert werden.

Es ist allerdings klar, dass man einer geringeren Spannung bedürfen wird, wenn man den Strom nur einmal durch den Ofen leitet, es wird aber eine höhere Ampèrezahl erforderlich sein, um dieselbe Temperatur herbeizuführen, oder eine grössere Anzahl Ströme. In beiden Fällen hängt die Spannung von der Entfernung zwischen den getrennten Elektroden und der gemeinschaftlichen Elektrode ab.

Eine von den bisher beschriebenen Verfahren sehr abweichende Methode zum Schmelzen von Kalk und Kohle bezw. Koks ist in dem elektrischen Ofen von de Laval (Fig. 46 und 47) veranschaulicht. Hierbei wird die zum Schmelzen erforderliche Hitze dadurch erzeugt, dass man den elektrischen Strom um eine Brücke und durch ein Lager geschmolzenen Carbids hindurchgehen lässt.

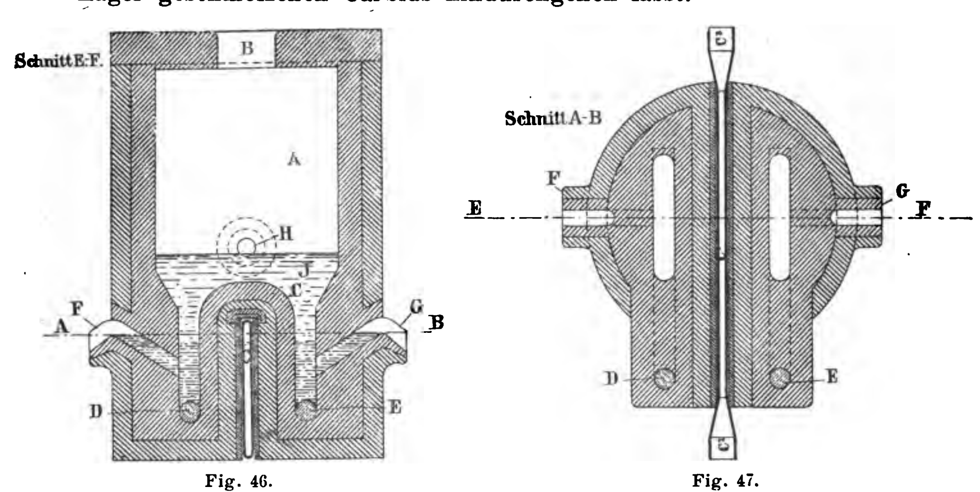


Fig. 46. Fig. 47.

A ist der Ofen, in den man das Rohmaterial einführen kann. Im unteren Teile des Ofens befindet sich eine Brücke C aus feuerfestem Material, die sich quer über den Ofen erstreckt und an deren beiden Seiten die mit einer Elektrizitätsquelle verbundenen Elektroden D und E angebracht sind. Diese sind am Boden des Ofens in die Höhlung zwischen der Brücke C und der Ofenwand eingeführt. F und G sind zwei Metallablässe, welche als Überfalle eingerichtet sind, sodass das fertige Produkt abfliesst, wenn es eine gewisse Höhe erreicht hat. H ist ein Loch in der Ofenwand, zum Zwecke, den geschmolzenen, wenig leitenden Elektrolyt auf gleicher Höhe zu halten.

Die Brücke C ist hohl und durch die Höhlung derselben führt ein abgeplattetes Rohr C^1, um die erforderliche Abkühlung der Brücke

durch Einleiten von Wasser und dergleichen durch das Mundstück C^2 zu vermitteln. C^3 ist der Ablass für das Wasser oder die Kühlflüssigkeit.

Wenn der Ofen in Gang gesetzt werden soll, wird der geschmolzene Elektrolyt J durch das Loch B eingegossen und die Elektroden D und E mit der Elektrizitätsquelle verbunden, der Strom geht dann durch den Elektrolyt und um die Brücke C, wobei der Elektrolyt noch mehr erhitzt wird. Das Gemisch wird hierauf in irgend einer Form eingeführt, sinkt durch den Elektrolyt nieder, während es von diesem bis auf Schmelztemperatur erhitzt wird, und sammelt sich in geschmolzenem Zustande am Boden des Ofens. Die Elektroden D und E schmelzen auch ein wenig ab. Die Höhe der Ablässe über dem Ofenboden bestimmt den Abstand zwischen den beiden Elektroden und somit den Weg, welchen der Strom durch den Elektrolyt von einem Pole zum andern zu nehmen hat. In derselben Weise wird die Höhe des Elektrolyts J vom Loche H selbstthätig geregelt.

Öfen mit Luftverdünnung. Seit Beginn der praktischen Carbidfabrikation beschäftigt man sich mit der Frage, möglichst wenig Luft beim Schmelzen des Carbids hinzutreten zu lassen, ohne indessen bisher eine geeignete Vorrichtung erreichen zu können. Wir führen deshalb das Verfahren von Eduard Taussig zum Schmelzen im luftverdünnten Raume an, das uns für den oben angeführten Zweck, wenn auch nicht direkt anwendbar, jedoch wegweisend erscheint. Die Zuleitungsdrähte, die den elektrischen Strom zum Schmelzofen bringen, treten hierbei durch Stopfbüchsen, die an der Wandung des Behälters angebracht sind, in den letzteren ein. Diese Drähte lassen sich auch durch Lösung abdichten.

Da der ganze Schmelzprozess im luftverdünnten Raume vor sich gehen soll, so erfolgt der Abstich des geschmolzenen Materials in die Formkästen durch einen Hahn oder sonstigen Abschluss, der von aussen bewegt werden kann, ohne dass Luft in den Behälter treten kann. Es lässt sich ein solcher Hahn bezw. Abschluss durch eine, durch die Behälterwandung gehende, mittels Stopfbüchse gedichtete Stange bewegen, oder es kann auch das Öffnen und Schliessen desselben durch elektrische, auf Elektromagnete wirkende Ströme beschafft werden. In Fig. 48 ist eine derartige Anlage erläutert.

A ist der Behälter, der durch Rohr m mit der Luftpumpe in Berührung steht. B ist der Schmelztiegel eines Siemens'schen elektrischen Schmelzapparates. C sind die Behälter, in welche die geschmolzene Masse überzuführen ist.

Der Behälter A ist mit verschliessbaren Öffnungen versehen, um den Schmelztiegel sowie die Formkästen aus- und einführen zu

können; auch sind Schaugläser r r vorhanden, um den Schmelzprozess verfolgen zu können. e ist ein mit Thon bestrichener Mantelstöpsel, der durch die in einer Stopfbüchse dicht geführte Stange p von aussen aus dem Schmelztiegel herausgezogen werden kann. Der negative Kohlecylinder K, der bei dem Siemens'schen Ofen an einem Wagebalken w aufgehängt und beweglich ist, kann mit seinem Aufhängedraht oder Band z ebenfalls durch eine Dichtung in der

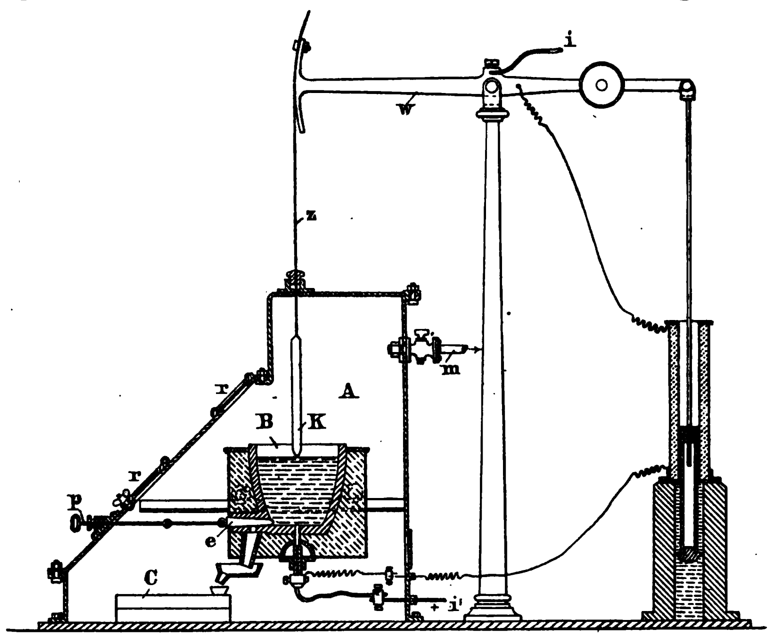


Fig. 48.

Wandung des Behälters A hindurchgeführt werden. i und i' sind die zur Dynamomaschine führenden negativen und positiven Verbindungsdrähte.

Ofen von Patin. Der Ofen (Fig. 49) besteht aus einem hermetisch zu verschliessenden Gehäuse, in welchem sowohl unter Druck als auch unter Luftverdünnung gearbeitet werden kann. Die Erhitzung der Beschickung findet vermittelst eines elektrischen Lichtbogens statt, der in bekannter Weise durch zwei nach abwärts geneigte, mittels der Stellvorrichtungen e zu regelnde Elektroden erzeugt wird.

Die Beschickung erfolgt in der Weise, dass eine aus dem zu bearbeitenden Material gebildete Säule in dem Ofen zum langsamen Herabsinken gebracht wird, sodass jeder wagerechte Querschnitt derselben nach und nach den Lichtbogen durchschreitet. Die in der

Zeichnung dargestellte Einrichtung ist für periodische Beschickung bestimmt. Das Material wird durch eine der im oberen Teil a des Ofens in irgend einer Weise angeordneten Schleusen s_1 und s_2 eingebracht und so der Raum a und b bis zu dem in seiner höchsten Stellung befindlichen Kolben k mit dem Material gefüllt. Hierauf werden die beiden Elektroden mittels der Stellvorrichtungen e so eingestellt, dass mit Hilfe des eingeschalteten Stromes ein entsprechender Lichtbogen zustande kommt.

Um den eigentlichen Heizraum b allmählich die ganze in dem Raum a befindliche Beschickung zuzuführen und der Einwirkung des Lichtbogens auszusetzen, wird dem Kolben k eine langsam absteigende Bewegung erteilt. Zu diesem Zweck besitzt derselbe eine Zahnstange l und wird mittels des mit ihr im Eingriff stehenden Zahnrades nach abwärts gezogen. Die Bewegung des Zahnrades n kann mittels der Hand oder durch einen beliebigen Motor erfolgen. Auch kann die Einrichtung getroffen werden, dass durch den Elektrodenstrom ein Elektromotor oder ein elektrisches Schaltwerk bethätigt wird, sodass der Grad des Abwärtssinkens des Kolbens mit der Dauer des Erhitzungsvorgangs Schritt hält.

Ist der Kolben an seiner tiefsten Stellung angelangt, also die Fabrikation beendet, so kann durch die Schütze s_3 die Entleerung stattfinden.

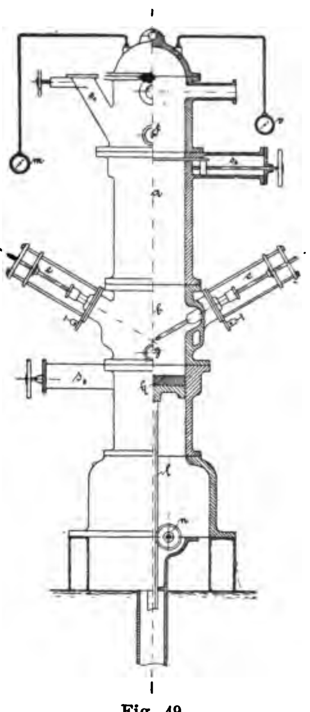


Fig. 49.

Zur Abkühlung der Wandung des Heizraumes ist dieselbe mit Wassercirkulation versehen, wodurch auch eine Regelung des Hitzgrades ermöglicht ist.

Der Ofen kann mit einem Manometer m und Vakuummeter v, sowie mit Anschlüssen für Saug- oder Druckleitungen ausgerüstet werden. Die Wandung des Ofens kann aus Gusseisen, aus feuerfestem Stein oder sonstigem geeigneten Material bestehen. Auch kann der Kolben durch irgend eine andere zweckdienliche Vorrichtung (zu öffnende Schieber, Schaufelräder und dergl.) ersetzt werden, wodurch gleichfalls ein Nachfallen der Beschickung erreicht wird.

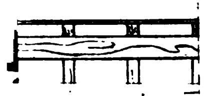
f und g sind Schaulöcher, die zur Beobachtung der inneren Vorgänge dienen.

4. Der Betrieb.

Allgemeines. Ein rationeller Betrieb setzt eine sachgemässe Anordnung der Fabriksanlage voraus. Am zweckmässigsten wird es deshalb sein, wenn das Rohmaterial auf einer Seite der Fabri angefahren wird und das fertige Carbid auf der anderen Seite de Fabrikraum verlässt. Man wird also den Lagerplatz für Kalkstein unmittelbar am Kalkofen anordnen, den gebrannten Kalk zu de Zerkleinerungsanlage fahren, in deren Nähe auch der Koks in einer Schuppen lagert, um Feuchtigkeit fernzuhalten. Nachdem man den Koks und Kalk zerkleinert, gemischt und im elektrischen Ofen ge schmolzen hat, wird das Carbid in eisernen Kippwagen oder flache Transportkarren in den Packraum gefahren, woselbst es in ver zinkte, verzinnte oder verbleite Blechbüchsen oder bei grossen Quanten in Trommeln aus Stahlblech verpackt wird. Die Ver packung geschieht in Posten von 40—60 *kg* in eine Blechbüchse deren zwei in eine Kiste verstaut werden. Die grossen Stahltrommeln enthalten bis 600 *kg* Carbid, sind aber wegen ihrer Schwerfälligkeit nicht zu empfehlen und haben sich auch nicht eingebürgert. Über die Verpackung wird später im besonderen gesprochen. Die Stahlfässer kosten 12—16 *M*, die Blechbüchsen 1,50—4 *M* pro Stück, je nach Ausführung (Blechstärke, Verschluss).

Von Wichtigkeit ist es für den Betrieb, in welchem Zustande das Rohmaterial angekauft wird und in welcher Gestalt man dieses zu verwenden gedenkt. Es ist schon früher (Seite 22 und 24) gesagt worden, dass man einerseits sowohl gelöschten oder ungelöschten Kalk, wie andererseits Koks, Teer, Pech, Holzkohle, Anthracit, Asphalt, Steinkohle zur Calciumcarbiddarstellung benutzen kann. Verwendet man ungelöschten Kalk, so wird man gut thun, die Brennöfen in unmittelbare Nähe der Zerkleinerungsmaschinen zu bauen, damit das warme Material direkt zerkleinert, gemischt und noch möglichst warm in den Ofen gelangt. Will man den Kalk hingegen ablöschen, so nimmt man diese Arbeit in Rollwagen vor. Zu diesem Zwecke ist jeder der Löschtroge auf einem auf Schienen fahrbaren Rädergestell angeordnet, wodurch der rasche und einfache Transport des gelöschten Kalkes zu der Weiterverarbeitung geschehen kann. Ob es empfehlenswert ist, gebrannten Kalk zu kaufen oder den Kalkstein selbst zu brennen, ist für alle Fälle nicht zu bestimmen und von lokalen, wie auch den Grössenverhältnissen der Fabrikation abhängig. Wo es irgend thunlich erscheint, wird man alles in einer Hand vereinigen und eigene Kalköfen anlegen, zudem die Möglichkeit in Betracht zu ziehen ist, dass man diese Öfen durch die abziehenden heissen Gase aus den elektrischen Öfen kostenlos heizen kann. Rationeller ist demnach die eigene Kalkbrennerei, sobald

e.





es sich um entsprechend grosse Anlagen handelt und das Ofengas nicht zur Gewinnung von anderen Produkten (z. B. Kohlensäure) verwendet werden soll. Letzterenfalls wird man berechnen müssen, welche Art der Gasausnutzung die vorteilhafteste ist. Jedenfalls hat man sich vor Errichtung einer Carbidanlage klar zu machen, ob man diese oder jene Ausbeutung an Nebenprodukten ins Auge fassen kann und will, um von vornherein die Montage der Öfen, Maschinen u. s. w. darnach zu richten. In Fig. 50 und 51 ist ein sehr bewährter Kalkofen (System Gobbe) abgebildet, dessen Funktion ohne weitere Erklärung aus der Zeichnung zu erkennen ist und der sich für Carbidwerke besonders gut eignet.

Dieselben Erwägungen sind für den zu verwendenden Kohlenstoff zu beachten. Gegenwärtig benutzt man allgemein Koks als Reduktionsmaterial. Es ist indessen durch den äusserst geringen Aschegehalt der Holzkohle in dieser ein viel besseres Reduktionsmaterial geboten. Wenn man heute trotzdem Koks den Vorzug giebt, so hat dieses seinen Grund in dem unverhältnismässig höheren Preise der Holzkohle gegenüber dem Koks und der Leichtigkeit derselben. Letztere Eigenschaft veranlasst, dass die gemahlene Holzkohle während der Mischung und beim Einfüllen in den Ofen in beträchtlichen Mengen fortgerissen wird und verfliegt. Man muss deshalb, um diesem späteren Fehlen der Kohle im Carbid vorzubeugen, 5—10 % mehr Holzkohle der Mischung hinzufügen, als sonst nötig wäre. Dieser Verlust und der höhere Preis der Holzkohle können nicht die

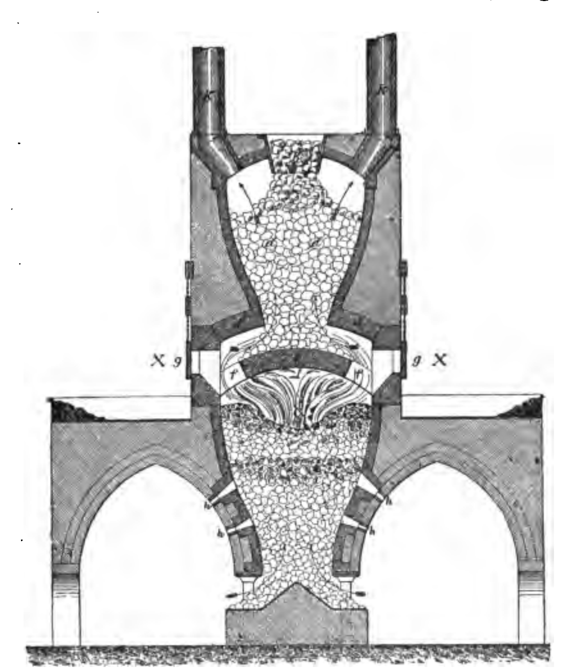


Fig. 50.

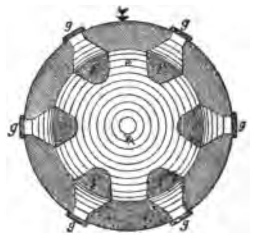


Fig. 51. Schnitt x—x.

etwas bessere Güte des erhaltenen Carbids unter normalen Verhältnissen ausgleichen. Falls jedoch Holz zu aussergewöhnlich billigen Preisen zu haben ist, so wird man natürlich nichts besseres thun können, als Holzkohle daraus herzustellen und zu benutzen. Falsch wäre es aber, so zu kalkulieren, dass, weil Steinkohle bezw. Koks, beispielsweise wegen zu weitem oder zu schwierigem Transport, zu teuer für die Carbidfabrikation kommt, Holzkohle in Verwendung genommen wird, deren Preis der landesübliche ist. Eine solche Carbidfabrikation würde niemals prosperieren.

Man muss sich vor Augen halten, dass der Preis des Carbids von den Kosten der Rohmaterialien abhängt — den heutigen Standpunkt der Carbidtechnik zu Grunde gelegt. Beabsichtigt man nun eine Carbidanlage irgendwo zu errichten, so ist nächst der Kraft das Vorhandensein oder die leichte Herbeischaffung des Rohmaterials die erste Bedingung. Ist Kohle oder Koks nur schwer zu beschaffen, Holz jedoch so billig, dass die Holzkohle im Preisverhältnis dem Koks an der Produktionsstelle ziemlich gleich kommt, so wird gegen die Anwendung von Holzkohle kein Bedenken vorliegen. Wenn aber die Holzkohle bedeutend teurer als der Marktpreis des Koks sein würde, so ist von der Verwendung derselben ernstlich abzuraten. Die vorhandene Betriebskraft kann noch so billig sein — wenn das Rohmaterial in genügenden Mengen zu billigen Preisen fehlt, so ist an eine lukrative Fabrikation nie zu denken. In dem Abschnitt: »Mitteilungen über einige Calciumcarbidwerke« finden sich spezielle Angaben hierüber.

Die Anordnung der Maschinen, Öfen u. s. w. einer Carbidfabrik mit vier elektrischen Öfen ist aus beigefaltetem Schema zu ersehen. Die Zerkleinerungsanlage[1]) ist hier, wie oben angedeutet, so aufgestellt, dass ein vollkommen kontinuierlicher Betrieb erzielt werden kann. Von einer sachgemässen Disposition der Anlage hängt viel ab; es ist deshalb hierauf die denkbar grösste Sorgfalt zu legen. Die Zerkleinerungsanlage lässt man in vielen Fällen anstatt 24 Stunden nur 10 Stunden arbeiten, um für diese Arbeit keine Doppelschicht eintreten zu lassen. Die für die übrigen 14 Stunden bei 24stündigem Betrieb nötigen zerkleinerten Rohmaterialien werden in Vorratsbehältern aufgespeichert, um während der Nachtschicht geschmolzen zu werden.

Der Steinbrecher oder die Walzmühle a bricht abwechselnd Kalk und Koks vor, worauf das zerkleinerte Produkt mit dem Becherwerk b in den Vorratsbehälter bezw. Sammeltrichter c resp. g gehoben wird. Von letzterem fällt das Produkt zur weiteren Zer-

---

[1]) Zerkleinerungsmaschinen siehe Seite 33 und folgende.

kleinerung in die Kugelmühlen bezw. Kollergänge e. Das auf diesen Maschinen genügend zerkleinerte Material wird mit den Becherwerken f in die Siebtrommeln zur Absiebung gebracht. Das abgesiebte Material fällt in grosse Vorratsbehälter, während das nicht genügend zerkleinerte Material auf die Kollergänge zurückfällt. Unter den Vorratsbehältern befinden sich die Verteilungsapparate d und h, von wo die Materialien zum Mischen automatisch in beliebigem Prozentsatz in die Mischmaschine bezw. Mischschnecke i verteilt werden. Das Material gelangt nun zu der langen Transportmischschnecke l, die dasselbe den Öfen m zuführt. Ein Becherwerk hebt das von den Ofenschnecken nicht aufgenommene Material sodann zu einer Retourschnecke, die es in einen Vorratsbehälter mit Verteilungsapparat schafft. Die Ofenrückstände werden gesammelt und mit einem Aufzug in einen Behälter zur späteren Zerkleinerung auf den Kollergang magaziniert. Die wieder gemahlenen Rückstände werden mit Becherwerk in die Siebtrommel gehoben, das abgesiebte Produkt mit dem Verteilungsapparat d h nach i geschafft, um dann event. mit frischem Kalk oder Kokszusatz gemischt und den elektrischen Öfen zugeführt zu werden.

Mischung der Rohstoffe und Unreinigkeiten des erhaltenen Carbids. Von einschneidender Bedeutung für die Güte des Carbids ist die Mischung der Rohstoffe. Theoretisch lässt sich das Mischungsverhältnis aus der Formel

$$CaO + 3C = CaC_2 + CO,$$

nach der die Reaktion im elektrischen Ofen vor sich gehen soll, feststellen, und zwar entspräche die Gleichung einer Mischung von 1000 Teilen Kalk und 643 Teilen Kohlenstoff. Moissan mischte bei seinen ersten Versuchen 120 *g* Marmorkalk mit 70 *g* Zuckerkohle und erhielt, nachdem er diese Mischung einem elektrischen Strome von 350 Ampère und 70 Volt 15 Minuten ausgesetzt hatte 120—150 *g* Calciumcarbid. Im praktischen Betriebe ändern sich diese Zahlen ganz wesentlich. Am günstigsten ist das Verhältnis, das genau so viel Kohlenstoff im elektrischen Ofen ergiebt, als notwendig ist, um den aus dem Kalk entweichenden Sauerstoff zu ersetzen. Es ist jedoch bei der Unbeständigkeit der Rohmaterialien nicht möglich, ein solches theoretisches Mischungsverhältnis zu erreichen, weshalb man in der Praxis etwas mehr Kohle zu der Mischung giebt, als theoretisch erforderlich ist. Statt der theoretischen 1000 Teile Kalk wird man praktisch ca. 1500 Teile nehmen und statt der theoretischen 643 Kohlenstoff ca. 1000 Teile Koks, also etwa auf je 100 *kg* Kalk 65 *kg* Koks. Wird die Spannung im elektrischen Ofen auf 100 Volts oder darüber erhöht, so ist es günstig, den Koksgehalt der Mischung zu steigern. Doch darf keinesfalls mehr

als 70 % Koks in der Mischung enthalten sein, wenn man ein Carbid mit einem Gasgehalt von ca. 300 *l* zu erhalten wünscht. Sinkt die Spannung unter das normale Maass von ca. 65 Volt, so ist ein so hoher Koksgehalt nachteilig, daher muss auf eine sorgfältige Spannungsregulierung geachtet werden. Arbeitet man jedoch absichtlich mit niederen Spannungen, so ermässigt man den Koksgehalt der Mischung, aber niemals unter 63 % des Kalkgehaltes. Dabei ist auch die Beschaffenheit des Kalkes in Betracht zu ziehen. Ist der Kalk ungelöscht, so ist es empfehlenswert, etwas mehr Koks zu nehmen, als oben angegeben wurde, und zwar aus dem Grunde, weil der Gehalt des Kalkes im Verhältnis zu seinem Volumen ein bedeutend höherer ist, wie bei gelöschtem Kalk. Mit grossem Aufwand an elektrischer Energie hergestelltes Carbid wird zwar einen höheren Gasgehalt aufweisen, aber die Unkosten werden in keinem Verhältnis zu diesem Vorteil stehen. Ferner ist es nicht schwierig, auch Carbid aus Mischungsverhältnissen zu erhalten, die von den angegebenen weit abweichen, aber der Gasgehalt wird, je weiter man sich von diesen Verhältnissen entfernt, immer geringer werden und schliesslich ganz aufhören.

Professor V. Lewes hat sich eingehend mit dem Mischungsverhältnis beschäftigt. Er stellte seine Versuche bei ununterbrochener Arbeit mit 60—70 Volt und 1000—2000 Ampère an. Bei einem Einsatze von 60 % Kalk und 40 % Kohle erreichte Lewes nach einer $3^1/_2$ stündigen Charge ungefähr 112 Pfund (engl.) = 50 *kg* Ingots, von denen annähernd 81 % reines Carbid, der Rest eine Kruste von minderem Werte war. Das gesamte Carbid betrug 89,2 %.

Bei einer Reihe von Versuchen zur Feststellung des Verlustes an Kalk und Kohle im elektrischen Ofen verfuhr man so, dass die Mischung vorher genau gewogen wurde und ebenfalls das aus dem Ofen kommende fertige Produkt. Die Ergebnisse waren die folgenden:

Nr. des Versuches	In den Ofen gefüllte Mischung		Aus dem Ofen erhaltenes Produkt	
	CaO	C	CaO	C
	%	%	%	%
1	54,70	36,31	50,00	36,89
2	55,51	34,18	51,29	33,38
3	56,23	36,46	57,00	35,62
4	55,66	36,51	55,47	33,01
5	59,70	34,43	58,16	32,94
6	56,62	36,07	54,93	32,61
7	55,40	36,32	54,93	31,09
8	53,64	34,43	51,81	34,29
9	51,00	29,39	52,08	28,90
10	49,54	33,85	41,43	28,27

Bei Verwendung von ungelöschtem Kalk erhielt man ein Carbid, das 278,32 *l* Acetylen ergab, während man bei Benutzung von gelöschtem Kalk 295,12 *l* Gas erhielt. Dieses Resultat hatte jedoch darin seinen Grund, dass man den ungelöschten Kalk nicht genügend zerkleinerte. Zwar ist die Zerkleinerung des Kalkes nicht in der gleichen Feinheit notwendig, wie die des Koks, aber immerhin muss sie mindestens griesförmig sein, während der Koks zu Mehl gemahlen werden muss. Bei Anwendung von feingemahlenem Kalk änderte sich der Gasgehalt des Carbids bei obigen Versuchen so, dass das mit ungelöschtem Kalk hergestellte Carbid jetzt 296 *l* Acetylen ergab.

Man ist auch mehrfach versucht worden, an Stelle der pulverisierten Mischung, solche in fester Form in den Ofen zu bringen. Bei dem einen der beiden beschriebenen Öfen von Siemens & Halske ist dieses Bestreben bereits hervorgetreten. John Landin hat dieser Beschickungsform der Öfen besonderes Interesse geschenkt und den ganzen Fabrikationsprozess hiernach eingerichtet. Er vereinigt die pulverisierten Rohstoffe in einer fest zusammenhängenden, gleichmässigen Masse, in Form von Briketts oder Stangen, zu deren Herstellung als Bindemittel Kohlenwasserstoffverbindungen in Gemeinschaft mit Chlorcalcium verwendet werden. Es ermöglicht dieses Verfahren zunächst, dass die Masse in bequemer Weise beliebig vorgewärmt werden kann, ferner dass die Mischung genau die theoretisch richtige Zusammensetzung enthält in dem Augenblick, wo sie in die Reaktionszone gelangt, endlich dass Kohle und Kalk nicht nur fest zusammengepresst sind, sondern die Reaktion durch die Anwesenheit des Chlorcalciums, welches durch den elektrischen Strom leicht zersetzt wird, schon bei verhältnismässig niederer Temperatur vor sich geht. Dadurch, dass das Chlorcalcium sich in Chlor und Calcium zerlegt, welch letzteres im Momente des Freiwerdens sich mit der Kohle zu Carbid verbindet, während das freigewordene Chlor sich mit weiterem Kalk wieder zu Chlorcalcium vereinigt, um den Vorgang von neuem einzuleiten, wird dieses Verfahren sozusagen ein elektrochemisches, im Gegensatz zu den bisherigen rein elektrothermischen. Der Erfolg soll ein sehr guter sein; namentlich soll die Ergiebigkeit des Carbids über 330 *l* Acetylen betragen.

Bei der Darstellung des Carbids ist vornehmlich darauf zu achten, dass alle Verunreinigungen mit möglichster Sorgfalt von der Mischung ferngehalten werden. Ist es schon an sich geboten, zur Erreichung bester Ware alle äusseren Beimengungen zu vermeiden, so wird man hierzu umsomehr veranlasst, als die Rohstoffe selbst nur selten in genügender Reinheit zu erhalten sind. Von der Schädlichkeit der im Kalk enthaltenen Magnesia ist bereits früher gesprochen worden.

Der Kalk soll, wasserfrei, 95 % Calciumoxyd und nicht mehr als 5 % Unreinigkeiten enthalten. Magnesiumoxydhaltiger Kalk ist für die Carbidfabrikalion nicht von Vorteil. Keinesfalls sollte der Kalk mehr als $2\,^1/_2$ % Magnesiumoxyd enthalten. Selbst 2 % Magnesiumoxyd machen sich im Carbid nachteilig bemerkbar und ein Gehalt von 5—6 % Magnesiumoxyd lässt ein markfähiges Carbid nicht mehr zu. Man führt den nachteiligen Einfluss des Magnesiumoxydes darauf zurück, dass sich die Magnesia im Ofen zwischen die Kalk- und Kohlepartikelchen lagert und daher deren innige Verbindung nicht zulässt.

Eine eingehendere Erklärung gab Rossel hierfür[1]). Die Affinität des Magnesiums zu Stickstoff ist bekannt, und die Reaktion hat eine hervorragende Rolle bei der Klarstellung des Argons gespielt. Leitet man atmosphärische Luft über glühendes Kupfer und dann über Magnesiumpulver bei schwacher Rotglut, so verbindet sich der Stickstoff mit Magnesium zu Mg_3N_2.

Wird in einer Glasröhre, am einfachsten ein Reagenzrohr, eine Mischung von CaC_2 und Mg, in Pulverform gemengt, erhitzt, so entsteht plötzlich eine heftige Reaktion, die ganze Masse erglüht heftig und die Mischung enthält Magnesiumstickstoff.

Die Reaktion lässt sich hübsch ausführen und man erhält reinen Magnesiumstickstoff, wenn man in einem kleinen Porzellantiegel pulverisiertes Carbid, darüber Magnesiumpulver, das eine Mischung von Carbid und Magnesium und endlich wenig Magnesium birgt. Man erhitzt im offenen Tiegel, etwas schief gestellt, über einer guten Bunsenflamme; das Magnesiumpulver verbrennt an der Oberfläche, und es tritt bei sehr starkem Erglühen die Reaktion ein.

Wird nach dem Erkalten das Pulver sorgfältig ausgeschüttet, so lässt sich das Mg_3N_2 vom gebildeten Kalk und unzersetztem Carbid leicht trennen.

Magnesiumstickstoff bildet dann mit Wasser übergossen Ammoniak, das aufgefangen werden kann.

$$CaC_2 + 3\,Mg + 2\,N + 3\,O = CaO + 2\,CO_2 + Mg_3N_2 + 3\,H_2O$$
$$= 3\,MgO + 2\,NH_3.$$

Diese Reaktion bestätigt die Ansicht Moissans, dass ursprünglich der gegenwärtig freie Stickstoff der Luft gebunden war, und zwar in Form von metallfeuerfesten Verbindungen, die sich erst nach dem Erscheinen des Wassers zersetzten, Ammoniak und später Stickstoff bildeten. Enthält also der Carbidkalk Magnesia, so entsteht im elektrischen Ofen kein Magnesiumcarbid, sondern das Oxyd wird zu Magnesium reduziert und beim Herausnehmen des Carbids aus dem elektrischen Ofen entsteht Magnesiumstickstoff.

---

[1]) Ztschr. f. Calciumcarb. und Acetyl. 1898, 26, 205.

In manchen kalkartigen Steinen, aus denen Kalk gewonnen wird, ist zwar Magnesia nur in schwachen Spuren enthalten, dagegen weisen diese oft einen hohen Gehalt an Phosphaten auf, und deshalb hat man bei der Wahl zwischen diesen beiden vorerwähnten Kalkarten auf der einen Seite mit einem Verlust an elektrischer Energie, auf der anderen mit unreinem Gas infolge des Phosphors zu rechnen. Die Bildung von Phosphor aus Phosphaten im elektrischen Ofen ist teilweise auf fehlerhafte Zustände bei der Fabrikation zurückzuführen und teilweise auf einen zu hohen Gehalt an Phosphaten des Kalkes.

Neben Calcium und Kohlenstoff kommen nach Le Chateliers Untersuchungen noch Silicium und Eisen gemeinsam vor. Bestimmte Verbindungen jeder dieser Substanzen mit irgend einer der drei anderen können entstehen, und zwar bilden sie sich hauptsächlich bei der Erstarrungstemperatur des Calciumcarbids. Eisen ist am wenigsten von den vier erwähnten Stoffen im Überschuss vorhanden, sondern kann mit einem der drei übrigen abgesättigt sein. In der That verbindet es sich ausschliesslich mit Silicium. Wenn wir das wasserstoffreiche Carbid mit Säure behandeln und den unlöslichen Niederschlag in Methyljodid bringen, dann scheiden sich kleine Krystalle von Ferrosilicium ($SiFe_2$) aus, wie sie von Moissan gefunden sind. Silicium im Überschuss verbindet sich auch mit Kohlenstoff oder Calcium je nach dem Verhältnis ihres Vorhandenseins. Wenn nämlich mehr Kohlenstoff als Calcium vorhanden ist, so bildet sich Siliciumkohlenstoff in bläulichen sechsseitigen Platten. Er findet sich mit Graphit im Überschuss auf der Oberfläche des Methyljodids schwimmend. Ist dagegen Calcium in grösserer Menge im Vergleich zu Kohlenstoff vorhanden, so bildet sich ein Calciumsilikat, welches in der Carbidmasse in Form von metallischen Körnern zerstreut ist und die Farbe und den Glanz des Zinks hat. Sie können durch Zerlegen des Calciumcarbids in einer grossen Menge kalten Wassers getrennt werden, indem man die grösseren Rückstände durch Waschen mit Säure entfernt, der schliessliche Rückstand ist Ferrosilicium und Calciumsilicium, sofern sie beim Auswaschen der Säure widerstanden. In diesem Fall ist kein Graphit oder Siliciumkohlenstoff vorhanden, und das Calcium muss im Überschuss vorhanden sein, um Calciumsilicium zu bilden. Die herrschenden Affinitäten sind dabei Eisen zum Silicium und Calcium zum Kohlenstoff. Dieselben sind gesättigt je nach dem Überschuss des einen oder anderen Stoffes. Dabei scheinen zwei verschiedene Calciumsilicide zu existieren. Das eine von ihnen wird schwer von Salpetersäure angegriffen und ist dagegen leicht mit Salzsäure zu behandeln, wobei es einen gelblichen Niederschlag, das Silikon von Wöhler, bildet. Das andere wird leicht von

Essigsäure angegriffen und giebt keinen gelben Niederschlag mit Salzsäure, sondern einen weissen, welcher ähnlich dem Silikon sich in Pottaschelösung auflöst und Wasserstoff entwickelt. Der weisse und der gelbe Niederschlag werden oft zusammen nach der Einwirkung auf Siliciumcarbid gefunden. Die Analyse der Mischung entspricht den Formeln: $Si_2 O_4 H_4$ oder $Si_2 O_8 H_4$. Zum Beispiel: Gelber Niederschlag 0,52 *g*, Wasserstoff (0° 760 *mm*) 630 *ccm*, Silikon 0,57, welches der zweiten Formel entspricht.

Siliciumeisen, das Moissan[1]) in seinem elektrischen Ofen herstellte, wies einen Gehalt von 79,20 — 82,11 % Fe und 20,95 bis 18,02 Si auf, entsprechend der Formel $Fe_2 Si$, die 80 % Fe und 20 % Si darstellt. Durch Einwirkung von Chlorsilicium auf rotglühendes Eisen erhielt Fremy[2]) Fe Si, während Hahn[3]) Fe_2 Si und Fe Si nachwies.

Die Verunreinigungen kommen in Form kleinerer oder grösserer Klümpchen im Carbid vor und man kann sie deutlich in zwei Arten teilen: 1. Graue Stücke, die vom Magneten nicht angezogen werden und sich weder an der Luft noch beim Erhitzen oxydieren. Ihr spezifisches Gewicht beträgt 3,5 — 5,8. Lewes[4]) konstatierte, dass diese Körper nach einhalbstündlichem Erhitzen auf Platinblech dieses angriffen und 5 % Gewichtszunahme aufwiesen, aber mit Wasser kein Gas entwickelten.

2. Stahlähnliche Stücke, die vom Magneten angezogen werden und sich beim Liegen an der Luft oder an der Feuchtigkeit rasch mit Rost überziehen, aber gleichfalls mit Wasser kein Gas entwickeln. Ihr spezifisches Gewicht beträgt 6,3 — 6,8. Neben Spuren von Phosphor-, Schwefel- und Stickstoff-Verbindungen ergab die Analyse eines solchen Klümpchens

Silicium	30,76 %
Eisen	58,07 »
Calcium	2,65 »
Aluminium	3,01 »
Magnesium	0,64 »
Kohlenstoff etc.	4,87 »
	100,00 %

Selbstentzündliches Gas gab keine dieser Substanzen bei Einwirkung von Wasser, nur wenige Male wurden bei Einwirkung von Salzsäure auf kleinen Klümpchen einige Blasen selbstentzündliches Gas beobachtet. Diese Klümpchen enthielten nach Lewes' Meinung wahr-

[1]) Der elektr. Ofen, S. 319.
[2]) Encyclop. chim. de Fremy.
[3]) Ann. d. Chem. u. Pharmac., CXXIV, 57.
[4]) Journ. of the soc. of chem. ind., XXVIII, 533.

scheinlich Silicium-Magnesium. Da Lewes auch fand, dass der auf kalten Flächen in der Acetylenflamme sich abscheidende Kohlenstoff Spuren von Kieselsäure enthält, so schloss er aus diesen beiden Erscheinungen auf das Vorkommen von Siliciumwasserstoff im Acetylen, jedoch in so geringem Maasse, dass eine Gefahr durch dieses stark selbstentzündliche Gas nicht besteht.[1])

Wolff[2]) fand in einem Klumpen wie geschildert

Silicium	35,08
Eisen	56,27;

in einem anderen, der im Carbid von den Wilson Carbide Works of St. Chatarina gefunden wurde,

Silicium	32,08
Eisen	57,54.

Obgleich im zweiten Abschnitt des Buches auf die Verunreinigungen des Acetylens im besonderen eingegangen ist, wollen wir dennoch der Vollständigkeit halber hier kurz die Mittel und Wege wähnen, die es ermöglichen, die Verunreinigungen im Carbid thunlichst zu vermindern, denn ganz zu vermeiden sind dieselben in der Praxis nicht. Übrigens ist es auch zweifelhaft, ob bei Verwendung ganz reiner Rohmaterialien, die für die industrielle Darstellung des Calciumcarbids selbstverständlich ausgeschlossen sind, stets konstant zusammengesetztes Carbid entstehen würde. Denn die Bildung von minderwertigem Carbid ist nicht allein eine Folge minderwertiger Rohstoffe, sondern sie hängt auch von dem gesamten Schmelzprozess ab. Ungeeignete Ofenkonstruktionen, schlechtes Elektrodenmaterial, starke Spannungsschwankungen u. s. w. sind alles Ursachen von Verunreinigungen, die direkt im Carbid zu beobachten sind oder nach dessen Überführung in Acetylen hervortreten.

Was die Bildung von eisen- und siliciumhaltigen Drusen im Calciumcarbid betrifft, so ist das Silicium von dem im Kalk (oder Koks) vorkommenden Siliciumgehalt herzuleiten. Das Eisen dürfte, wenigstens in seiner Gesamtheit, schwerlich vom Kalk oder Koks herzuleiten sein, da die Drusen in manchen Fällen recht gross sind und verhältnismässig häufig vorkommen. Unter Umständen dürfte der Eisengehalt von der Fassung der oberen Elektrode herrühren und auf ein Niedertropfen abgeschmolzenen Eisens zurückzuführen sein, falls die Elektrode kurz um die Fassung stark erhitzt ist.

Um eine Bildung von Ammoniak im Acetylen auszuschliessen, vermeide man, dass das Carbid während seiner Erzeugung und

---

[1]) Im besonderen siehe den Abschnitt »Verunreinigungen des Acetylens und deren Beseitigung«.

[2]) Das Acetylen, 1898, 11, 79.

auch später bis zum vollständigen Erstarren mit der Luft in Berührung trete.

Wasserstoff findet sich in wahrnehmbarer Menge nur in Carbiden vor, die infolge schlechter Herstellung einen Überschuss an geschmolzenem Kalk enthalten; das tritt besonders dann ein, wenn die Reaktion unvollständig vor sich geht oder nicht genügend Kohlenstoff vorhanden war.

Um Phosphorwasserstoff dem Acetylen möglichst fern zu halten, verwende man Kalk und Kohlen mit geringstem Phosphorgehalt, der sich vollständig kaum vermeiden lässt.

Ein Entstehen von Schwefelwasserstoff im Acetylen lässt sich vermeiden, wenn man von schwefelsaurem Kalk befreites Calciumoxyd und Kohle mit dem möglichst geringsten Schwefelgehalt benutzt.

Der in dem Carbid eingeschlossene Stickstoff vereinigt sich mit dem während der Zerlegung des Wassers entstehenden Wasserstoff, wodurch man erzielt, dass die Ammoniakmenge derjenigen des in den Poren des Carbids eingeschlossenen Stickstoffs proportional wird.

Ein Mittel, um einen Teil dieses Stickstoffes zu beseitigen, beruht darauf, über dem Carbid einen luftleeren Raum herzustellen, bevor es in die Apparate eingeleitet wird. Man kann trotzdem auf 3—4 *g* Stickstoff pro 1 *kg* Carbid rechnen, eine Menge, die fast immer im Innern des Carbids eingeschlossen ist.

Einen besonderen Weg, um die Folgen unreinen Carbids im Acetylen zu vermindern, besteht in der Herstellung von Mischcarbiden, wie sie immer häufiger hervortreten. Hierdurch sucht man besonders ein Gas an Stelle des Acetylens zu gewinnen, das nicht so stark zur Polymerisierung wie dieses neigt. Im allgemeinen sucht man dieses Ziel zu erreichen, indem der für die Herstellung des Calciumcarbids üblichen Beschickung aus Kalk und Kohle ein Zusatz von 5—10 % Manganoxyd giebt. Das Produkt des Prozesses besteht alsdann aus einem Calciumcarbid ($Mn_3\,C$) enthaltenden Gemenge, welches beim Zusatz von Wasser Acetylen, Methan und Wasserstoff und einen Rückstand von Kalk- und Manganhydrat gemäss folgender Formel liefert:

$$Ca\,C_2 + Mn_3\,C + 8\,H_2\,O =$$
$$C_2\,H_2 + C\,H_4 + 2\,H + Ca\,(HO)_2 + 3\,Mn\,(HO)_2.$$

Das so entstandene Gasgemisch zeigt wesentlich den Charakter des Acetylens; der geringe Gehalt an Sumpfgas vermag die Leuchtkraft des Acetylens nicht herabzusetzen, ist vielmehr indifferent in dieser Beziehung, während der Wasserstoff den günstigsten Einfluss auf die Verbrennung dadurch ausübt, dass er das Freiwerden von Kohlenstoff verhindert.

Eine ganze Anzahl solcher Verfahren, auf die wir übrigens noch in dem Kapitel »Die Verunreinigungen des Acetylens« im II. Teil zu sprechen kommen, sind patentiert,[1]) aber praktisch nirgends in Anwendung.

Elektroden-Verbrauch. Ein fernerer, recht bedeutungsvoller Faktor ist der Verbrauch der Elektroden. Die Erfahrungen hierüber führten zu sehr abweichenden Resultaten. Dies mag teilweise in der Ofenkonstruktion und der Qualität der Elektroden seinen Grund haben, in der Hauptsache wohl aber in unsachgemässer Behandlung der Öfen. Letzteres geht daraus hervor, dass ich bei eingehenden Versuchen, die allerdings mit in die Praxis kaum zu übertragender Sorgfalt ausgeführt wurden, bei weitem günstigere Resultate hinsichtlich der Dauerhaftigkeit der Elektroden erhielt, wie dies mit gleichwertigen Elektroden in zwei Carbidwerken geschah. Da sich, wie gesagt, in der Praxis nur schwer eine solche Sorgfalt bei der Regulierung des Schmelzprozesses anwenden lässt, die eine der Qualität äquivalente Ausnutzung der Elektroden ermöglicht, so wird man immer bei Mittelwerten bleiben müssen. Demnach kann angenommen werden, dass pro Stunde 5—7 *mm* der oberen Elektrode abbrennen, was eine Dauer von ca. 130 Stunden für eine Kohlenstange von 1 *m* Länge ausmacht, da man von derselben nur 800 *mm* nutzbar machen kann. Einen Strom von ca. 200 Kilowatt angenommen, würde man in 24 Stunden (Tag- und Nachtschicht) max. 1000 *kg* Carbid erhalten, sodass man pro Kilogramm Carbid einen proportionalen Elektrodenabbrand von 0,144 *mm* rechnen muss. Hiernach ist der Aufwand für die täglichen Elektrodenunkosten zu berechnen, wenn man den jeweiligen Preis der Elektroden unterlegt. Durchschnittlich werden diese Unkosten pro 1000 *kg* Carbid 12 bis 25 ℳ betragen. Willson giebt allerdings nur 4,30 ℳ an, aber alle anderen Angaben widersprechen dieser Rechnung. Einige Angaben gingen bis zu 50 ℳ pro Tonne hinauf.

Von anderen Seiten sind günstigere Resultate mitgeteilt worden, namentlich hinsichtlich der Carbidgewinnung, jedoch sind jene Angaben anscheinend unrichtig, da wir einen geringeren Elektrodenverbrauch, bezw. eine grössere Carbidproduktion mit dem gleichen Elektrodenverbrauch mit verschiedenen Ofenkonstruktionen nicht erreichten, was auch anderweitige permanente und umfangreiche Versuche feststellten. Die Leitung der Spray-Werke (Willson) gab u. a. an, dass man pro 1000 *kg* Carbid nur für 4 ℳ Elektroden gebraucht, und diese Mitteilung findet sich nicht allein in zahlreichen Publikationen, sondern auch in fast allen, in der Litteratur vorhandenen

---

[1]) Z. B.: D. R.-P. Nr. 98076.

Kostenberechnungen wieder. Dass diese Angabe auf einem Irrtum beruht, wird jeder Carbidfachmann ohne weiteres zugeben. Worauf dieser Irrtum beruht, ist schwer zu ergründen; doch ist zu vermuten, dass die Spray-Werke lediglich einen Rechenfehler begangen haben, da die sonstigen Angaben richtig sind.

In ziemlicher Übereinstimmung mit den Versuchen zweier grosser deutscher elektrotechnischer Firmen ist die Angabe der Spray-Werke (Willson), dass ein Satz Kohlenstifte ca. 110 Stunden im offenen Ofen halten soll, wenn mit Unterbrechungen gearbeitet wird und die Stromstärke 1700—2000 Ampère nicht merklich übersteigt. Ein Strom von 1700 Ampère und 100 Volt Spannung erzeugt nach jenen Angaben 39 *kg* Carbid pro Stunde, also 5 $^1/_2$ *kg* pro Kilowatt. Aus diesem Umstande leitet Willson die Behauptung ab, dass ein Satz Kohlestifte in einem offenen Ofen zur Herstellung von 3900 *kg* Carbid dient, wonach der Elektrodenverbrauch in allen nach dem System Willson, Tenner u. s. w. gebauten (offenen) Öfen sehr gross ist und ein krasser Widerspruch mit der obigen Preisangabe vorliegt. Im ununterbrochenen Betriebe hingegen schätzt Willson die Dauer der Kohlen auf 200—300 Stunden, welcher Annahme man sich aber schwerlich anschliessen dürfte, wenigstens hat keine der erprobten Elektroden diese Schätzung bewiesen. Bei solchen bedeutenden Fabrikationen ist es sehr gefährlich, sich auf Schätzungen zu verlassen. Je länger die Kohlestäbe einem ununterbrochenen Strome ausgesetzt werden, desto günstiger wird ihre Dauer beeinflusst. Jede Stromunterbrechung wirkt nachteilig auf die Elektroden, wie dies auch bei jeder Einwirkung von kalter Luft auf die erhitzten Teile derselben geschieht.

Für die Veranschlagung des Elektrodenverbrauches ist ferner zu berücksichtigen, dass nicht allein die obere Kohle starker Abnutzung unterworfen ist, sondern auch die untere Elektrode mit der Zeit angegriffen wird und ausgewechselt werden muss. Je nach der Ofenkonstruktion geschieht dies in grösserem und kleinerem Maasse und bei Abstichöfen weniger, als bei solchen mit auswechselbaren Tiegeln. Bei ersteren ist der Betrieb ein kontinuierlicher, bei letzteren erleidet der Schmelzprozess jedoch durch die Zufuhr des neuen Tiegels und Abfuhr des gefüllten eine minutenweise Unterbrechung, die aber schon genügt, um die untere Elektrode ziemlich ungünstig zu beeinflussen. In dieser Beziehung sind demnach die Öfen nach dem Abstichsystem vorzuziehen, wie überhaupt der Abstich eine viel störungslosere Fabrikation ermöglicht. Bei der Wahl der Elektroden sehe man auf ein feines Korn im Bruch, jedoch nicht so fein, dass es auf eine mehlige Mischung schliessen lässt und die einzelnen Kohleteilchen nicht sicher zu erkennen sind. Bei Verwendung solcher

Kohlen kommt es vor, dass einzelne Stellen viel schneller ausbrennen, als die übrige Masse, oder dass Löcher einbrennen, wodurch im Lichtbogen eine starke Schwankung eintritt, die für einen normalen Schmelzprozess von fühlbarem Nachteil ist. Andererseits wird durch zu grobkörnige Kohle derselbe Nachteil herbeigeführt.

Erforderliche Energiemenge zur Gewinnung von Carbid. Ein vielumstrittener Punkt in der Carbidfabrikation ist die erforderliche Energiemenge bezw. die Produktion desselben im Verhältnis zur aufgewandten Kraft. Alle Angaben schwanken zwischen 3—12 *kg* Carbid pro 1 Kilowatt. Schon aus dieser grossen Differenz ersieht man das Ungenaue der einen oder anderen Angabe. Man kann an der Hand der nachfolgenden einfachen thermochemischen Berechnung feststellen, welche Annahme annähernd berechtigt ist, jedoch ist es zweifellos, dass man in der Praxis bei geeigneten Ofenkonstruktionen doch weit günstigere Resultate erzielt. Als gänzlich ausser acht gelassen ist bei den bisherigen Berechnungen die Vorwärmung des Beschickungsgemisches durch das während des elektrischen Ofenprozesses aus dem Gemisch entweichende Kohlenoxydgas. Es wurde hierauf bereits bei der Besprechung der bezüglichen Öfen hingewiesen.

Wenn man 1 *g* Molekül (64 *g*) Carbid aus dem Kalk-Kohle-Gemisch erhalten will, so müssen dem letzteren 182,5 *kg* Kalorien Wärme zugeführt werden. Hiervon werden zur Darstellung des Carbids faktisch nur 102,6 Kalorien verbraucht, während der Rest zur Erhitzung der Mischung dient. Hierbei sind 3000° C. ins Auge gefasst; jedoch ist es erwiesen, dass man schon bei bedeutend niedrigerer Temperatur bei verändertem Mischungsverhältnis Calciumcarbid erzeugen kann. Dass dies schon bei 1900° C. geschehen kann, wie verschiedentlich angegeben wurde, ist praktisch undenkbar. Nach Pictet's Untersuchungen[1]) setzen sich obige 102,6 Kalorien aus der algebraischen Summe der Wärmemenge zusammen, die durch die Bildung des Kohlenoxyds erhalten wird. Demzufolge würde 1 *kg* Calciumcarbid 2950 Kalorien oder 3300 Watt, bezw. 3,3 Kilowattstunden erfordern. Diese 3,3 Kilowattstunden entsprechen 5 e PS-Stunden. Alle Kraft ist natürlich als an der Welle des Betriebsmotors gemessen in Betracht gezogen.

Diese rein theoretische Berechnung ändert sich aber in der Praxis merklich und mitunter in sehr bedeutendem Maasse. Als übereinstimmend ist gefunden worden, dass 1 Kilowatt mindestens 4 *kg* Carbid ergiebt oder eine elektrische Pferdekraft am Ofen 3 *kg* Reincarbid. Die höchste Ausbeute waren 6 *kg* Carbid pro Kilowatt,

---

[1]) Le Carbite 1896, 28.

bezw. 4,5 *kg* pro 1 ePS. Zu bemerken ist, dass es für die Ausbeute einen wesentlichen Unterschied macht, ob die Betriebskraft an der Welle des Betriebsmotors oder am Ofen in Rechnung gestellt wird. Jedenfalls ist zu bedenken, dass, da eine elektrische Pferdekraft in 24 Stunden theoretisch höchstens 4,5 *kg* Carbid ergiebt, das praktische Ergebnis hinter dieser Berechnung zurückbleiben müsste und nur bei sehr sorgfältigem, gleichmässigem Betriebe mitunter das theoretische Resultat erreicht werden kann. Als Handelscarbid ist praktisch nur jenes Produkt zu verstehen, das mindestens 300 *l* Acetylen im Minimum ergiebt, und dieses kann man als Reincarbid bezeichnen. Dasselbe bildet den Kern jedes Carbidklumpens. Der äussere Mantel, die Kruste, ist minderwertiges Carbid von häufig kaum 100 *l* Gasausbeute. Diese Kruste ist bei der Berechnung der Produktion nicht in Betracht zu ziehen. Die meisten Angaben leiden jedoch unter diesem Fehler, wodurch der Irrtum erweckt wird, dass man mit einer elektrischen Pferdekraft thatsächlich mehr als 4,5 *kg* Carbid in 24 Stunden zu erzeugen vermag. Glaubhaft sind die Angaben bezüglich der grösseren Ausbeute nur dann, wenn sie von der Analyse des Carbids und der Gasausbeute begleitet sind. Die blossen Angaben, dass man mit so und soviel PS so und soviel Carbid erzeugt, besitzen gar keinen Wert.

Sieber[1]) beschäftigte sich gleichfalls mit diesem Teil der Carbidfabrikation und kam in der Annahme, dass die Höchstausbeute mit 10 *kg* pro 1 PS angegeben wird, zu dem Resultat, dass wenn man von der zur Erhitzung des Reaktionsgemisches auf die Reaktionstemperatur von ca. 3000° C nötigen Wärmemenge absieht, theoretisch 9,38 *kg* Carbid pro 1 ePS in 24 Stunden erzielt werden müssten. Die Bildungswärme des Calciumoxydes ist pro Gramm-Mol. = 132 c, die der Reaktion zu gut kommende Bildungswärme des Kohlenoxydes pro Gramm-Mol. = 28 c, daher bleiben noch 104 c, welche durch den elektrischen Strom aufgebracht werden müssen, um die Reaktion zu ermöglichen. 1 Std.-Watt entspricht 0,864 c, 1 Gramm-Mol. Calciumcarbid erfordert demnach 104 : 0,864 = 120,4 Std.-Watt, 1 Std.-Watt liefert 0,53156 *g* Carbid, 1 ePS in 24 Stunden, wie oben erwähnt, 9,38 *kg*. Die Verbrennungswärme von 1 Gramm-Mol. Acetylen beträgt 316 c, seine Bestandteile:

24 *g* Kohlenstoff	entwickeln	193,9 c
2 *g* Wasserstoff	»	69,2 c
	Summa	263,1 c

mithin entwickelt 1 Gramm-Mol. Acetylen: 316 — 263 = 53 c mehr als seine Bestandteile. Diese 53 c sind deshalb im Acetylen als einer

[1]) Chem. Ztg. 1898, 31, 308,

endothermischen Verbindung aufgespeichert vorhanden. Die Bildungswärme von 1 Gramm-Mol. Acetylen beträgt 53 c. Die Zersetzung des Calciumcarbids und die Entwickelung von Acetylen kann man sich durch die Gleichung $CaC_2 + H_2O = CaO + C_2H_2$ veranschaulichen. Die Bildung des Calciumoxydes pro Grämm-Mol. Carbid ruft hierbei eine Wärmeentwicklung hervor von 132 c, davon gehen für Zersetzung des Wassers ab 69 c, ferner die zu Bildung des Acetylens nötigen 53 c. Es bleiben also noch 10 c, welche frei werden, worin aber die Wärmemenge, die durch Vereinigung des gebildeten Calciumoxydes mit Wasser entsteht, noch nicht mit eingeschlossen ist. Wird nun experimentell nachgewiesen, dass bei der Zesetzung des Carbids mehr oder weniger Wärme als angegeben frei wird, so wäre damit die Frage gelöst, und die gefundene Differenz, welche die positive oder negative Bildungswärme ausmachen würde, könnte man dann in die Rechnung für die Bildung des Carbids einstellen, um noch genauere Zahlen für die bei der Reaktion aufzuwendende Energie zu bekommen. Im regelmässigen Fabrikbetriebe sind Ausbeuten an Carbid von 9,38 *kg* pro 1 ePS in 24 Stunden nicht erhalten worden. Es ist dies erklärlich; denn ausser der latent werdenden Energie, welche im vorhergehenden allein in Betracht gezogen wurde, muss auch noch Energie aufgewendet werden, um das Kalk-Kohle-Gemisch auf die Reaktionstemperatur zu bringen. Auf 1 *kg* Carbid rechnet Sieber in der Praxis ungefähr 1,3 *kg* Kohle statt der theoretisch notwendigen 0,6 *kg* und 1,4 *kg* Kalk statt der theoretisch notwendigen 0,9 *kg*.

Diese 1,3 *kg* Kohle erfordern zur Erhitzung bis auf 3000° C.	1950 c
1,4 *kg* Kalk » » » » » » »	840 c
Summa	2790 c

welche einem Verbrauch von 3230 Std.-Watt (à 0,864 c) entsprechen.

Für 1 *kg* Carbid sind somit nötig

zur Erhitzung des Materials	3230 Std.-Watt
zur Bildung	1900 »
Summa	5130 Std.-Watt

mithin giebt 1 ePS in 24 Stunden 3,44 *kg* Carbid auch dann, wenn man annimmt, dass ausser der latent gewordenen auch noch die ganze zur Erhitzung des Materials auf die Reaktionstemperatur aufgewendete Energie für den weiteren Schmelzprozess verloren ginge. Zwischen den Grenzwerten von 3,44 *kg* und 9,38 *kg* pro 1 ePS in 24 Stunden werden demnach die Ausbeuten an Carbid schwanken. Für den weiteren Schmelzprozess gehen aber nur jene Wärmemengen verloren, welche der Ofen ausstrahlt, welche das entwickelte heisse Kohlenoxyd mit fortnimmt und welche in dem aus dem Ofen genommenen heissen Carbid enthalten sind. Der Rest geht auf das

neu zugeführte Reaktionsgemisch über und vermindert den Stromverbrauch bezw. erhöht auf die gleiche Menge zugeführter Energie die Ausbeute. Das Augenmerk des Carbidfabrikanten hat sich also ganz besonders auch diesen Verlusten, welche die Ausbeute ganz wesentlich beeinflussen, zuzuwenden. Gänzlich lassen sich dieselben nicht vermeiden, wohl aber herabmindern.

Willson[1]) hat in dieser Beziehung umfassende Versuche angestellt und er kam zu dem folgenden Resultat: In 2 1/2 Stunden wurden 104,6 *kg* Carbid hergestellt, wovon 5,23 *kg* oder 5 % Schlacken in Abzug kommen, sodass 99,37 *kg* Carbid übrig blieben, wobei die Schlacken noch 101 *l* Gas pro Kilogramm ergaben. Der Strom hatte 1310 Ampère bei 100 Volt und die Energie betrug an der Elektrode 168,6 ePS. Da also 99,37 *kg* in 2 1/2 Stunden produziert wurden, ergiebt dieses in 24 Stunden 954,5 *kg*, oder bei dem Strom von der erwähnten Stärke 5,66 *kg* pro 1 ePS an der Elektrode in 24 Stunden. Diese Ausbeute ist als normaler Durchschnitt der Calciumcarbidfabrikation zu Spray zu Grunde gelegt worden.

Willson gelangt also über das bisherige Maximum weit hinaus, da dieses pro 1 ePS nur 4 *kg* Carbid ergiebt, was in der That nicht recht wahrscheinlich ist. Willson führt das Ergebnis auf die vorzügliche Qualität seines Rohmaterials zurück, da er von einer Vorwärmung principiell absah. Die angegebenen Resultate wurden von W. R. Addicks in einem Vortrage vor der »Vereinigung der Gasingenieure von Neu-England« vollständig bestätigt, da er den Versuchen persönlich beiwohnte. Man hatte hiernach in Spray einen sehr guten, aus Virginen kommenden Kalk, und Koks, der aus Kohlen von Pocahontas gewonnen wurde. Man mischte dieselben in dem Verhältnis von 1,117 Teilen Kalk auf 0,83 Teilen Koks, also 71 %, statt der theoretisch notwendigen 64,3 %. An Acetylengas ergab das mit 1 PS gewonnene Carbid durchschnittlich 1344 bis 1480 *l*. Das Ergebnis an Gas von zwei als sehr rein bezeichneten Carbidproben betrug 317,32 resp. 324,32 *l*, im Mittel also 320,68 *l* pro Kilogramm; doch ergaben die 5,66 *kg* (die oben erwähnte Carbidproduktion pro 24 Stunden) einen Gasgehalt von nur 1508,5 *l*. Unmittelbar voran ging diesem Versuche ein Schmelzprozess, bei dem pro 1 ePS in 24 Stunden 4,7 *kg* Carbid produziert wurden, die aber an Gas 1486,8 *l* lieferten. Diese Operation dauerte drei Stunden mit 176 ePS am Ofen.

Nach allen diesen Versuchen kam man in Spray zu dem Schluss, dass pro 1 ePS an der Elektrode in 24 Stunden 4,8 *kg* Carbid im Mittel erzeugt werden kann und für jedes Kilogramm 309 *l* Gas-

---

[1]) Amer. Gaslight Jour. 1896, 9. März.

ausbeute der Durchschnitt ist. Willson sagt in seiner Kostenberechnung: Zwei Dynamos von ca. 100 bis 110 Kilowatt liefern etwa 268 ePS, die mit einem Nutzeffekt von 90 % 297,8 PS zu ihrem Betriebe benötigen, wozu ferner noch 12,2 PS für die Zerkleinerungsmaschinen kommen, sodass im ganzen 310 PS zum gesamten Betriebe im obigen Umfange nötig wären. Wenn diese Kraft durch Turbinen mit etwa 15 % Verlust erzeugt wird, so muss eine Wasserkraft von 365 PS zur Verfügung stehen, damit 275 ePS an der Elektrode erhalten werden.

Man hat auch vorgeschlagen, durch Anwendung besonders starker Ströme eine höhere Ausbeute zu erhalten, doch ist dieser Weg ein verfehlter, da Moissan bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über die Bildung von Alkali- und anderen Carbiden gefunden hat, dass ein sehr kräftiger elektrischer Strom von 1200 Ampère bei 60 Volt Spannung eine kleine Quantität Calciumcarbid in weniger als zehn Minuten zerlegt. Die Produkte des Zerfalls waren Graphit und Calcium; das letztere verflüchtigte sich, so dass allein eine Masse Graphit übrig blieb. Calciumcarbid kann demnach nicht verflüchtigt werden, ohne dass eine Zerlegung desselben in seine Bestandteile eintritt. Es erscheint daher notwendig, dass bei der Herstellung des Calciumcarbids eine gewisse Stärke des benutzten elektrischen Stromes nicht überschritten werden darf, und dass man das fertige Carbid sobald als möglich aus der Wirkungssphäre des elektrischen Lichtbogens entfernen soll. Die Zerlegung des Calciumcarbids durch hohe Hitze ist völlig analog der Dissoziation der Kalium-, Natrium- und Magnesiumcarbide; nur ist hierzu eine höhere Wärmeentwickelung nötig, als sie der gewöhnliche elektrische Lichtbogen im allgemeinen hergiebt, Lithiumcarbid nimmt eine Zwischenstellung ein; gebildet im Lichtbogen, zersetzt es sich leichter als die Calciumverbindung.

Aus diesem angeführten Grunde ist auch das Verfahren von Hewes,[1]) das neben höherer Ausbeute die Oxyde und Sulfide in eine leichter zu schmelzende Schlacke überführen soll, die später von dem erstarrten Carbidklumpen abgeklopft werden soll, kaum ausführbar. Hewes arbeitet zuerst mit dem Lichtbogen und schmilzt im Innern eines weiten Ofens einen dünnen Kern aus Calciumcarbid. Sobald derselbe die gewünschte Höhe erreicht hat, senkt er die obere Elektrode auf den Calciumcarbidkern, so dass dieser nun zwischen zwei Elektroden als Erhitzungswiderstand eingeschaltet wird. Es wird dann ein so starker Strom durch den Carbidkern hindurchgeschickt, dass er von innen nach aussen durch weitere Erhitzung der Umgebung allmählich anwächst.

---

[1]) U. S. A. P., Nr. 596 999.

Auf fast den gleichen Gedanken sind übrigens bereits Heibling[1]) und ferner Gin und Leleux gekommen. Letztere fanden,[2]) dass der charakteristische Potentialfall eines in einem gegebenen Medium überspringenden elektrischen Bogens durch Verdampfung der Elektroden oder der der Einwirkung des Lichtbogens unterworfenen Substanzen verursacht wird.

Wenn der Bogen gar keine Wärme durch Ausstrahlung an das ihn umgebende Medium abgeben könnte (adiabatische Erhitzung), würde seine Temperatur mit dem Quadrat der Stromdichte und dem Verhältnis der Resistivität der ihn umgebenden Atmosphäre zur spezifischen Wärme der letzteren pro Volumeinheit wachsen. Diesem praktisch nicht zu verwirklichenden Falle kommt man nahe, wenn man den Bogen in einem Medium von sehr schlechtem Wärmeleitungsvermögen überspringen lässt, wie es z. B. das zur Calciumcarbidfabrikation dienende Kohle-Kalk-Gemisch repräsentiert. Innerhalb dieses Gemisches erzeugt der Bogen unter Verflüchtigung von Dämpfen von Kalk, Calcium und Kohlenstoff eine Aushöhlung; dieselbe erweitert sich so lange, bis ein stationärer Zustand erreicht wird, wenn nämlich die entwickelte Hitze der in die Umgebung ausgestrahlten gleich ist. Nach Unterbrechung des Stromes findet man nach dem Erkalten die innere Wand der Aushöhlung mit einer Schicht von glänzendem, blasigem Graphit ausgekleidet, darauf folgt nach aussen eine Schicht von krystallisiertem Calciumcarbid und dann die unveränderte Kohle-Kalk-Mischung. Die Temperatur der unmittelbaren Umgebung des Lichtbogens muss also oberhalb der Dissoziationstemperatur des Calciumcarbids liegen, dessen Bildung erst in einer gewissen Entfernung vom Lichtbogen, wo die Temperatur schon etwas gesunken ist, erfolgen kann. — Bringt man während des Stromschlusses, wenn der stationäre Zustand eingetreten ist, ein Stückchen Calciumcarbid in die Aushöhlung, so schmilzt dieses sofort unter Entwickelung von Dämpfen, die aber kein Acetylen bilden, und man findet nachher einen Rückstand von Kohle in der Aushöhlung. Es scheint also, dass das eingeführte Carbid dissoziiert und nicht als solches verflüchtigt wird, und dass die Dissoziationstemperatur des Carbids unterhalb der Verflüchtigungstemperatur des Kohlenstoffes liegt. — Die Tension des Bogens ändert sich mit der Natur des umgebenden Mediums.

In der ersten Zeit der Carbidfabrikation suchte man dadurch günstigere Verhältnisse zu schaffen, dass man zwar den Energieverbrauch vernachlässigte, dafür jedoch von einer längeren, kräftigeren

---

[1]) Vergl. S. 114.

[2]) Zeitschr. f. Elektrochemie 1898, 19, 456; Compt. rend. 1898, I, 126, 236; Das Acetylen, 1899, Heft 1.

Einwirkung des elektrischen Stromes auf das Rohmaterial ein sehr hochprozentiges, also höher bewertetes Carbid erhoffte. Man sah sich in diesen Erwartungen trotz vieler Versuche getäuscht und allgemein ist man heute der Überzeugung, dass diese Weise der Fabrikation auf unrichtiger Anschauung beruht und unrationell ist. Man wählt stets Spannungen zwischen 60 und 78 Volt und lässt den Strom nur solange wirken als unbedingt nötig ist. Jedoch hat man ausser den schon genannten, noch einen anderen Weg eingeschlagen, um trotzdem eine höhere Ausbeute an hochprozentigem Carbid zu erreichen. Das ist das Schmelzen unter Luftabschluss. Es sind in diesem Buche mehrere elektrische Öfen beschrieben worden, die speziell für den Schmelzprozess unter Luftabschluss resp. im luftverdünnten Raume konstruiert sind. In ihrer gezeichneten Gestalt sind diese Öfen zwar nicht in der Carbidfabrikation, wenigstens nicht im Grossbetriebe, verwendbar, aber die ihnen zu Grunde liegenden Konstruktionsgedanken sind wohl im Prinzip auf Carbidöfen für den Grossbetrieb zu übertragen, was man auch bereits praktisch versucht hat.

Über die Wirkung der elektrischen Schmelzung der Rohstoffe unter Luftabschluss haben Siemens & Halske eine Anzahl Versuche mit folgenden Ergebnissen gemacht:

1. 100 *g* Carbid von 75,11% Reingehalt wurden 30 Minuten im elektrischen Lichtbogen bei Luftzutritt geschmolzen bei 40 bis 50 Volt und 90—100 Ampère. Es sublimierte Kalk. Die zurückbleibende Schmelze wog nur noch 84,5 *g* und hatte einen Reingehalt an Carbid von nur noch 72,84%.

100 *g* Rohcarbid von 75,11%	= 75,11 *g* Reincarbid
84,5 » » » 72,84 »	= 61,56 » »
15,5 *g* Gewichtsverlust	13,55 *g* Verlust an Reincarbid.

Bei Luftzutritt gehen 18,03% an Reincarbid verloren.

2. Derselbe Versuch wurde ausgeführt mit 75,11%igem Carbid bei Luftabschluss. Es entwickelte sich Kohlenoxyd. Von sublimiertem Kalk war nichts zu bemerken; dagegen von etwas Kohlenstaub. Nach halbstündigem Schmelzen wog das Carbid nur noch 89,00 *g*, hatte aber einen Reingehalt von 81,0%.

100 *g* Rohcarbid von 75,11%	= 75,11 *g* Reincarbid
89 » » » 81,0 »	= 72,11 » »
11 *g* Gewichtsverlust	3,0 *g* Verlust an Reincarbid.

Bei Luftabschluss gehen also nur 3,9% an Reingehalt verloren.

Es geht hieraus hervor:

1. Dass bei Luftzutritt Zersetzung des Carbids eintritt, wie die Sublimation von Kalk zeigt, und keine Neubildung von Carbid aus dem im Rohcarbid enthaltenen Rohmaterial, wie das Fehlen der

Kohlenoxydentwickelung zeigt, dass jedoch ohne Luftzutritt keine Zersetzung, aber Neubildung von Carbid erfolgt.

2. Dass in beiden Fällen das Gewicht sich erheblich verringert, bei Luftzutritt die Qualität des Carbids sich verschlechtert und die Menge von Reincarbid erheblich abnimmt, ohne Luftzutritt dagegen die Qualität sich verbessert und die Menge von Reincarbid nur unerheblich abnimmt.

Es kann hinzugefügt werden, dass ohne Luftzutritt die Verbesserung der Qualität am Aussehen des Carbids deutlich zu erkennen und das Carbid in einem erheblich weiteren Kreis gut durchgeschmolzen wird, als mit Luftzutritt, die Temperatur also im ersteren Fall eine entschieden höhere war.

Fassen wir die Bestrebungen, bei gleicher Energie- und Elektrodenaufwendung möglichst hohe Ausbeuten an Carbid zu erzielen zusammen, so haben wir die

Vorwärmung des Rohmaterials,
die Benutzung des flüssigen Carbids als Elektrode,
den Luftabschluss bei der Schmelzung.

Welches von diesen Verfahren schliesslich endgiltig den Preis erringen wird, ist bei dem heutigen Stande der Carbidtechnik und bei dem noch lange nicht abgeschlossenen Studium der elektrischen Öfen jetzt noch nicht zu erkennen.

Der Vollständigkeit halber glauben wir übrigens den Gedanken erwähnen zu müssen, die Schmelzung der Rohstoffe des Carbids unter Zuhilfenahme des mit dem eigenen Volumen Sauerstoff gemischten Acetylens zu beschleunigen. Diese Mischung erzeugt nach Le Chatelier eine Verbrennungstemperatur von 4000° C.

Die Kostenberechnungen über Calciumcarbid-Fabrikationsanlagen gehen überaus weit auseinander, weshalb bei Prüfung derselben die denkbar grösste Sorgfalt geboten erscheint. Wie überall, so ändern sich auch hier die im Laboratorium und bei kleineren Versuchen gesammelten Ergebnisse in der Praxis ganz wesentlich; demnach ist man von diesen Berechnungen nicht vollkommen unabhängig. Die ernstlich in Betracht kommenden Fabriken, deren Carbidproduktion eine rationelle ist, hüllen sich, wie nicht anders zu erwarten, in möglichst tiefes Schweigen, denn die in ihrem Besitz befindlichen Grundlagen sind meistens das Produkt bedeutender Opfer, sowohl an Zeit als auch an Geld. Rückhaltsloser haben sich bisher nur die Werke in Spray, Niagarafalls, St. Chatarina, Foyers und Vernier über ihre Betriebe geäussert. Diese Mitteilungen haben indessen nur einen relativen Wert, da sie teils die neueren Erfahrungen auf dem Carbidgebiete nicht einschliessen und die amerikanischen bezw. englischen (Foyers) Verhältnisse sich der deutschen Fabrikation nur

schwierig oder gar nicht anpassen. Die von jenen Werken bekannt gegebenen Kostenberechnungen sollen deshalb lediglich vergleichsweise und aus dem Grunde publiziert werden, weil daran ein Maassstab zur Beurteilung der Verschiedenartigkeit der Fabrikation gegeben ist.

Wie stark sich die Fabrikationsverhältnisse seit dem ersten Bekanntwerden der technischen Verwertbarkeit des Calciumcarbids geändert haben, geht aus der ersten, gewissermassen historischen, Kostenberechnung der »Elektro-Gas-Gesellschaft« von New-York hervor, auf Grund deren sich die »Acetylene Light, Heat and Power Co.« am Niagarafall bildete, die heute mit insgesamt 22 Öfen und 9000 PS Carbid darstellt. Darnach sollten die Ausgaben für Rohmaterial 3350 ℳ bei einem Preis von 2,20 ℳ für 1000 *kg* Kohle und 1 ℳ für 1000 *kg* Kalkstein betragen. Die Arbeitslöhne wurden auf 0,80 ℳ pro Tonne festgestellt, um die Kohle zu verkoken, für die Kalkbrecherei auf 1 ℳ, für Elektroden pro 1000 *kg* 60 ℳ, Transport, Zinsen, Generalunkosten berechnete man pro 1000 *kg* mit 260 ℳ und trotzdessen rechnete man bei einer Produktion von 150 *t* pro Tag noch einen täglichen Reingewinn von 8500 ℳ heraus, die Ausgaben zu 10550 ℳ und die Einnahmen zu 19050 ℳ gerechnet. Der Verkaufspreis pro 1000 *kg* Carbid war auf 127 ℳ festgesetzt, mit Rücksicht darauf, dass man bei der Fabrikation gleichzeitig täglich 100000 feuerfeste und Backsteine herstellen wollte unter Benutzung der entstehenden Gase zum Brennen. Ferner versprach man sich täglich die Gewinnung von 10 *t* schwefelsaurem Ammoniak und 40 *t* Kohlenteer, ersteren zu 300 ℳ, letzteren zu 30 ℳ pro Tonne gerechnet.

Ist hieraus schon der embryonale Zustand dieser Industrie noch um die Mitte des Jahres 1895, der Zeit jener Berechnungen, zu ersehen, so wird man hiervon noch mehr überzeugt, wenn man jenen Bericht weiter verfolgt. »Nehmen wir an,« wurde da gesagt, »es gelänge nur die Erzeugung von 9 *kg* Calciumcarbid pro indizierte PS in 24 Stunden, so würde doch die Menge dieses Produktes während 300 Arbeitstagen 3 *t* pro PS und Jahr betragen. Würden nun 100000 PS zu der Fabrikation aufgewandt, so würde die jährliche Produktionsmenge 300000 *t* betragen.« — Heute ist man sehr zufrieden, wenn man pro ePS in 24 Stunden regelmässig 4 *kg* Carbid erhält, was pro Jahr zu 300 Arbeitstagen 1200 *kg* pro ePS ausmacht.

Die durchschnittlichen Selbstkosten für 1 *kg* Carbid, in grösseren Anlagen (mindestens 1000—1500 ePS) hergestellt, kann man mit ziemlicher Sicherheit auf 11—18 ₰ berechnen.

Bei allen meinen kleinen Versuchen bin ich stets zu diesem Resultat gekommen, und wenn es nicht gelang, über höchstens 4,5 *kg* Carbid pro ePS in 24 Stunden zu erzielen, so habe

ich die Beruhigung, dass mein Produkt nicht allein sehr rein und gleichmässig war, sondern dass alle kleineren Versuche, wie auch solche im grösseren Maassstabe der bedeutendsten und erfahrungsreichsten Fachfirmen keine höhere Produktionsausbeute ergaben. Hiermit soll natürlich nicht behauptet werden, dass eine höhere Ausbeute unmöglich ist — denn was ist unserer Wissenschaft und Technik unmöglich? — sondern es soll das Faktum konstatiert werden, dass sowohl nach thermochemischer Berechnung, wie auch nach den zuverlässigsten Angaben und praktischen Versuchen im grossen Maassstabe ein günstigeres Resultat als 4,5 *kg* per ePS in 24 Stunden, bisher nicht zu erreichen war.

Es dürfte von Interesse sein, einige Worte über die Erfordernisse einzuschalten, die für ausreichende Versuche zur Carbiddarstellung genügen. Die Kosten hierfür sind nicht erheblich, wenn man sich mit dem Notwendigsten begnügt und Strom zur Verfügung hat. Es genügt ein mit Chamotte ausgefütterter hohler Würfel aus Ziegelmauerwerk, auf dessen Boden sich eine Kohlenelektrode befindet. Die Decke des solchergestalt gebildeten elektrischen Ofens ist mit einer Öffnung für den Durchgang der oberen Kohleelektrode und einem verschliessbaren Loch zum Einschütten des Kalk-Koks-Gemisches versehen. Die obere Elektrode hängt in metallenen Haltern und ist leitend und beweglich mit der Stromleitung verbunden. An einer Ofenwand kann man ein Schauloch oder zum Überfluss eine eiserne Thür anbringen. Man schüttet nun durch den Fülltrichter das Rohmaterial auf die Bodenelektrode, senkt die obere Elektrode langsam, während der Strom eingeschaltet wird, auf die Mischung, und sofort wird die Reaktion beginnen. In Ermangelung eines Elektroden-Regulierapparates kann man dies durch eine mit der Elektrode verbundene Kette von Hand besorgen, die man in diesem Falle über eine einfache Rolle an der Decke laufen lässt. Man halte die Spannung und Intensität des Stromes sorgfältig konstant, um ein gleichmässiges Produkt zu erhalten und auch um sichere Unterlagen für Aufzeichnungen zu gewinnen. Aus diesem Grunde ordnet man die Messapparate unmittelbar am Ofen an und verzeichnet in bestimmten Zwischenräumen, z. B. alle 10 Minuten, den Stand der Stromstärke und Spannung. Wiegt man die in den Ofen gefüllte Menge der Mischung, sowie das nach einer bestimmten Zeit dem Ofen entnommene fertige Produkt, so kann man ohne viel Umständlichkeit feststellen, wieviel man pro elektrische Pferdestärke und Stunde an Carbid erhält. Es genügt ein auf 60 bis 75 Volts gespannter Strom, dessen Stärke man nach dem Bedürfnis bemessen kann.

Notwendig ist es, den zu verwendenden Kalk und Koks vorher zu analysieren, wenigstens dann, wenn die Versuche auf Genauigkeit

Anspruch machen sollen. Jetzt, wo fast überall entweder elektrische Centralen oder elektrische Privatanlagen vorhanden sind, lassen sich solche Versuche ohne grosse Kosten und Umstände im beschränkten Maasse ausführen. Will man eine grössere Versuchsstation anlegen, so wird die Sache allerdings verhältnismässig kostspielig, wie dies aus der kurzen Erklärung der in Fig. 52 und 53 abgebildeten inneren Einrichtung der elektrischen Schmelzanlage für die Versuche der »Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt« hervorgeht. In Frankfurt am Main, dem Domizil der Firma, ist im städtischen Netz Wechselstrom von 3000 Volt angewandt, den die Firma benutzt. Um damit eine elektrische Schmelzanlage von 1000 Ampère und 60 bis 65 Volt einzurichten, waren zwei 30-Kilowatt-Transformatoren à 1800 ℳ erforderlich und die Installation inklusive der Instrumente kostete noch insgesamt 1400 ℳ, sodass die ganze Anlage 5000 ℳ kostet. Dieselbe ist jedoch für alle in Betrieb kommenden Untersuchungen geeignet. Moissan benutzt für seine Arbeiten einen Ofen, Fig. 54, der aus einem würfelförmigen Kalksteinblock mit der geeigneten Aushöhlung zur Aufnahme des Materials u. s. w. versehen ist. Das Innere des Ofens ist mit 1 *cm* dicken Magnesitplatten und hierauf mit ebenso starken Kohlenplatten gefüttert. Die beiden Kohleelektroden sind horizontal durch zwei gegenüberliegende Seitenwände gelegt, doch so, dass sie sich weder direkt, noch vermittelst der Kohleplatten berühren können, um so den Lichtbogen beim Einschalten des Stromes zu vermeiden. Etwa um die Elektrodenstärke tiefer ist durch eine dritte Seitenwand ein Kohlerohr in den Schmelzraum bis dicht an die Elektrodenenden eingeführt, durch das die zu schmelzende Substanz in den Schmelzraum gebracht wird. Schliesslich wird der Ofen zuerst mit einer Kohleplatte, hierauf mit einer Magnesitplatte und sodann mit einem Kalksteinblock zugedeckt.

In diesem Ofen erzielte Moissan eine bis 4000° C. hohe Temperatur. Bei seinen ersten Versuchen verwandte er 120 *g* Marmor und 70 *g* Zuckerkohle, welches Gemisch er 20 Minuten lang einem Strome von 350 Ampère bei 70 Volt Spannung aussetzte, worauf er durchschnittlich 135 *g* Calciumcarbid erhielt.[1]) Fig. 55 zeigt den ersten Ofen Moissans im Betrieb. Dem Moissan'schen Ofen im wesentlichen nachgebildet, ist der elektrische Ofen von Küster und Dolezalek, der an den Universitätslaboratorien sehr viel in Benutzung ist. Borchers benutzte für seine Versuche einen Strom von 12 Volt und 90 Ampère. Sein erster Ofen bestand aus nichts weiter als einigen fest zusammengefügten Chamottesteinen, ähnlich dem Moissan'schen Ofen. Durch zwei gegenüberliegende Seiten wurden

---

[1]) Compt. rend., CXVII, 679 f.

40 *mm* starke Kohlestäbe in die Ofenöffnung geführt, die aber nicht wie beim Moissan'schen Ofen einen Zwischenraum zwischen ihren Enden liessen, sondern die fest und leitend durch einen 4 *mm*

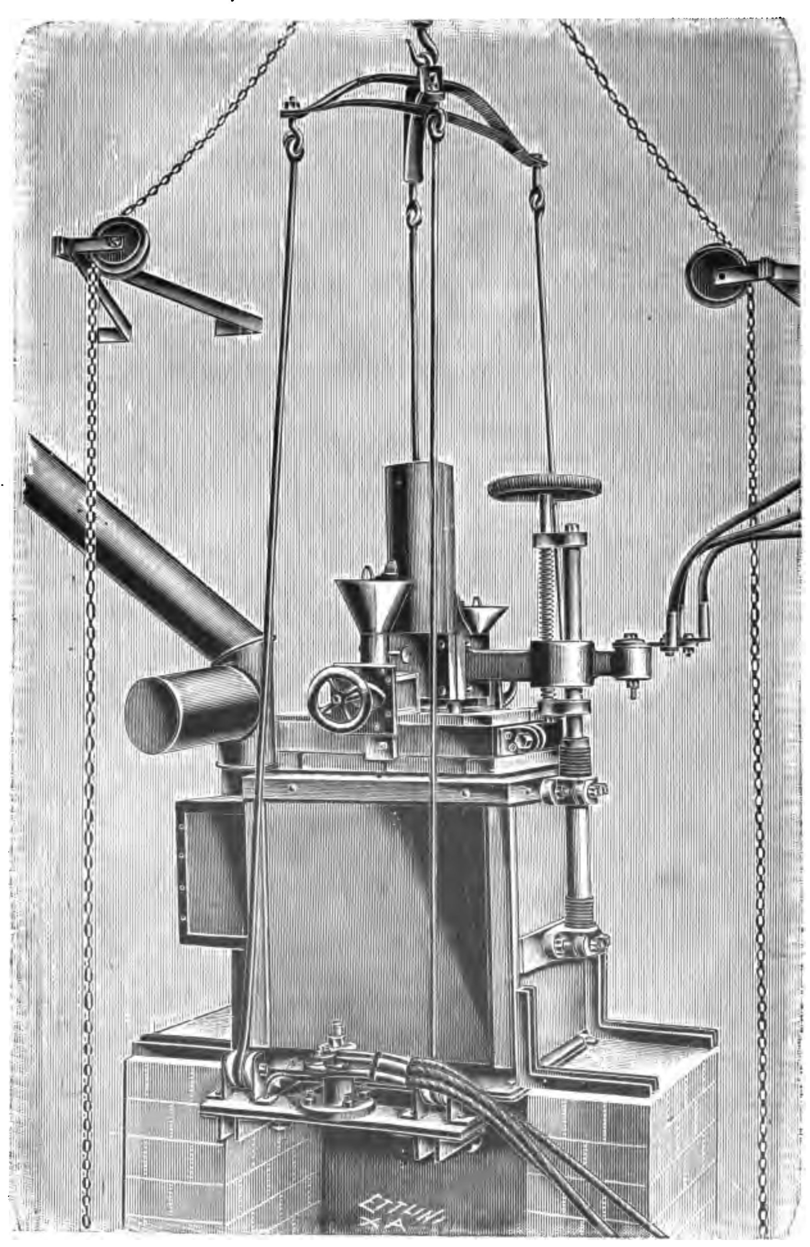


Fig. 52.

dicken Kohlestift verbunden waren, der mit seinen beiden Enden in je einem Ende der beiden dicken Kohlestifte stak. Die Stromzuleitung geschah durch die starken Kohlestäbe mittels einfacher

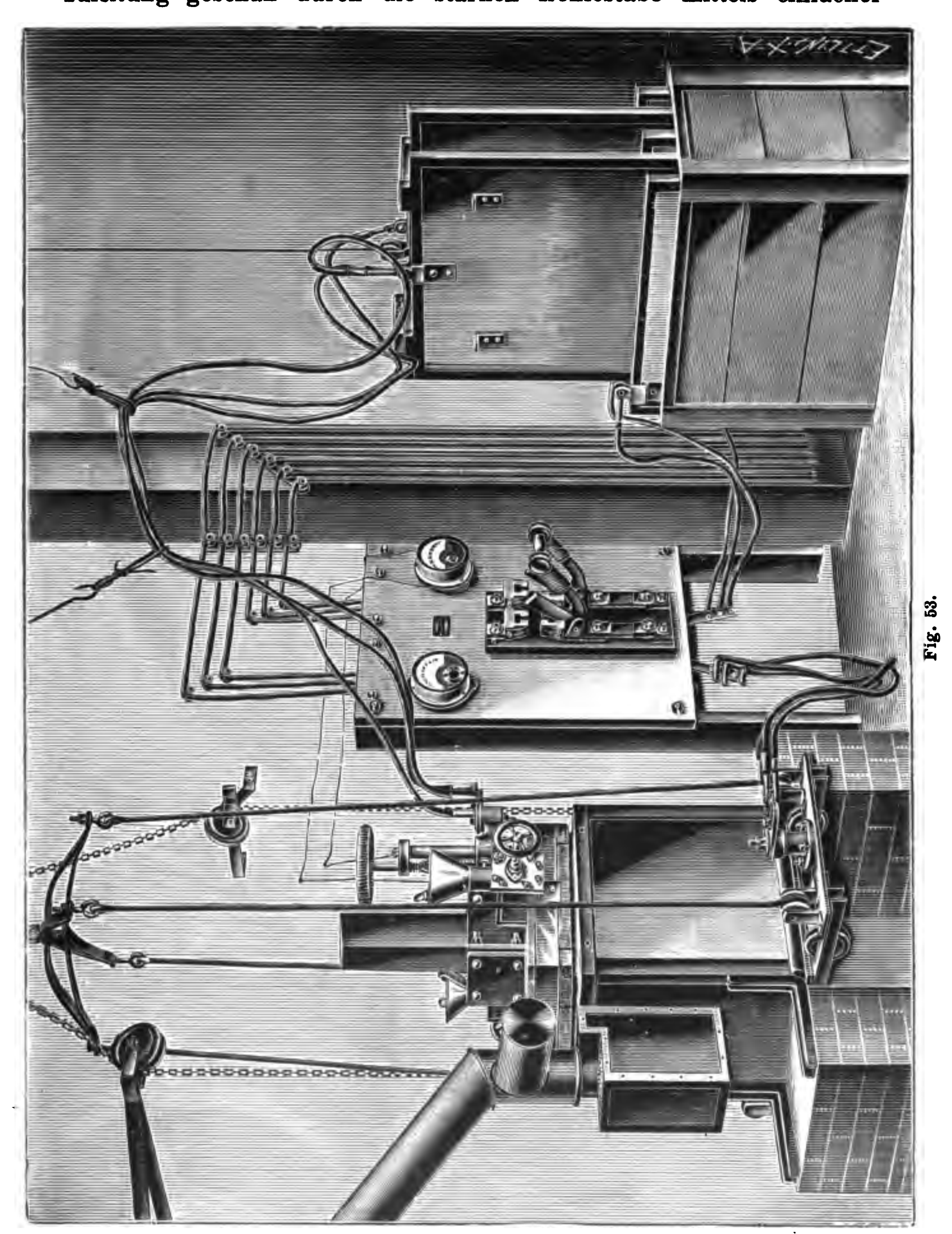


Fig. 53.

Klemmen. Borchers führte mittels dieses einfachen Ofens auf der 1895er Jahresversammlung der »Elektrochemischen Gesellschaft« die Calciumcarbidfabrikation vor. Es war verwunderlich, dass es gelang, auf so einfache Weise Carbid herzustellen.

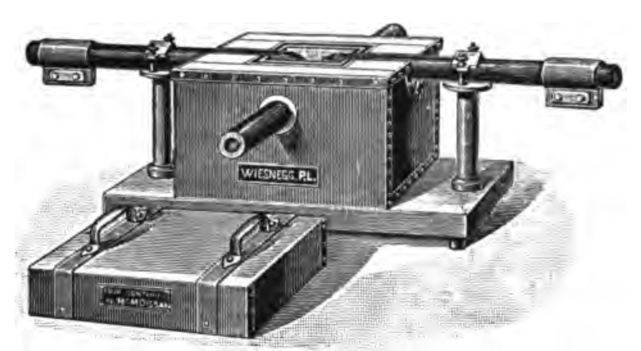


Fig. 54.

Einen noch einfacheren Ofen kann man auf die Weise herstellen, dass man einen gewöhnlichen Graphitschmelztiegel mit einer eisernen Schelle umgiebt, in die man das eine Leitungskabel einklemmt, während man das andere mit der Kohlenstange verbindet, die mittels einer, auf einer eisernen Fussplatte befestigten Zahnstange in ihrer Höhe verstellt werden kann.

Kleine elektrische Öfen für 100—300 Ampère liefert die »Deutsche Gold- und Silberscheideanstalt« in Frankfurt a. M.

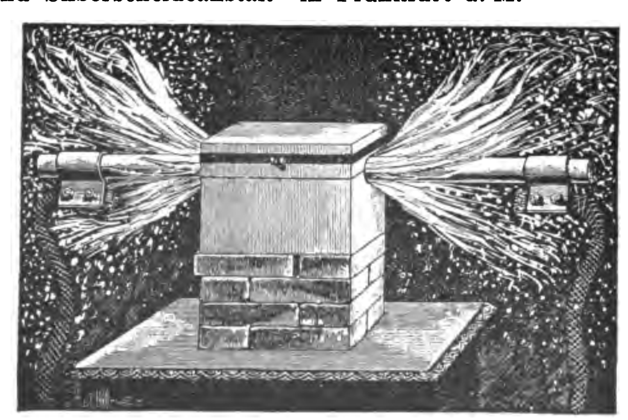


Fig. 55.

Wenn wir nun die speziellen Kosten für Errichtung von Calciumcarbidanlagen ins Auge fassen, so ist die erste Frage die vorhandene Kraft, deren Kosten, Grund und Boden und Gebäude. Die Veranschlagung der letzteren lässt sich nur schwer bewerkstelligen, weil

vielfach bestehende Baulichkeiten in Benutzung genommen werden. Sollten solche aber nicht vorhanden sein, so sei erwähnt, dass an dieselben keine grossen Anforderungen gestellt werden und ihre Charakteristik aus dem beigegebenen Plane einer Carbidanlage zu ersehen ist. Der Schwerpunkt muss auf ein solides Fundament und genügend grosse Räumlichkeiten gelegt werden. Am günstigsten sind einstöckige Gebäude mit gesondertem Lager für Rohmaterialien und Carbid.

Im folgenden sind die Endsummen zweier Kostenanschläge für ein kleineres und ein grösseres Carbidwerk mitgeteilt, die jedoch, den vorhandenen Verhältnissen angepasst, nur ein ganz allgemeines Bild der Kosten für Carbiddarstellung ergeben können.

Carbidwerk von 750 PS.

Die Gesamtkosten setzen sich exklusive Wasserkraft wie folgt zusammen:

Elektrische Anlage	122500	ℳ
Zerkleinerungsanlage	11800	»
Turbine und Diversa	17700	»
Einmalige Ausgaben	152000	ℳ

Tageseinnahme: Wenn 750 PS zur Verfügung stehen, so sind durch Verluste in der Leitung, den Transmissionen und den Elektromotoren etc. ca. 150 PS abzurechnen, sodass an den Ofenelektroden nur 600 PS verfügbar sind. Dieselben würden durchschnittlich ergeben (600 . 4 *kg* =) 2400 *kg* Carbid à 35 ₰ . . . 840 ℳ

Tagesausgaben	420	»
Tagesreingewinn	420	ℳ
Erforderliches Betriebskapital ca.	120000	»

Carbidwerk von 3000 PS.

Gesamtkosten der Anlage exklusive Wasserkraft:

Elektrische Anlage	308400	ℳ
Zerkleinerungsanlage	28100	»
Turbinen	81000	»
Diversa	35000	»
Einmalige Ausgaben	452500	ℳ

Tageseinnahme: Es werden von den disponiblen 3000 PS 2600 an den Öfen verfügbar gerechnet, à 4 *kg* Carbid, würden diese 2600 PS ergeben 10400 *kg* Carbid à 35 ₰ . . . 3120 ℳ

Tagesausgaben	1476	»
Tagesreingewinn	1644	ℳ
Erforderliches Betriebskapital ca.	450000	»

Erheblich abweichend von den beiden vorstehenden Original-Kostenberechnungen ist die von Addicks veröffentlichte Berechnung, der vorhin erwähnten Kosten der Carbiddarstellung in Spray. Das Ergebnis derselben ist folgendes. Preise in Dollars:

	pro Tag	pro *t* Carbid
Wasserkraft von 365 PS	5,00	3,671
Koks pro Tonne 2,75 d.	3,11	2,283
Kalk » » 3,50 »	5,58	4,096
Elektroden	1,47	1,079
Schmiermittel u. s. w.	0,50	0,367
Tagelöhne	11,50	8,443
Zinsen, Amortisation u. s. w. . . .	3,84	2,819
In Summa:	31,00 Dollar	22,750 Dollar

Hiernach würde sich die Tonne von 2000 Pfund auf 22,75 d. stellen, bezw. auf 90 ℳ. Da Addicks die Wasserkraft zu 20 ℳ annahm, so ist das eine teilweise Erklärung der geringen Herstellungskosten gegenüber den europäischen Verhältnissen. Anscheinend existieren bei den französischen CaC_2-Fabriken Ausnahmen, wie aus den nachfolgenden Daten aus einem mir zur Verfügung gestellten Kostenanschlage einer jüngst in Frankreich errichteten CaC_2-Fabrik hervorgeht. Man rechnete da für eine Fabrik von 2000 PS (in Francs):

Terrain und Gebäude	250000
Antriebsmotoren	90000
Zerkleinerungsanlage	40000
Elektrische Maschinen u. s. w.	155000
16 elektrische Öfen	60000
Fracht, Emballage, Verschiedenes . . .	30000
Montage und Inbetriebsetzung	25000
Kosten der kompletten Fabrik	650000 Francs.

Laufende Ausgaben für 330 Arbeitstage:

Koks pro Tonne 10 Francs	21120
Kalk » » 10 »	31350
Elektroden	13500
Betriebskraft	129800
Schmier- und Putzmaterial	5000
Beleuchtung, Reparaturen	7660
Gehälter und Löhne	52260
Versicherung und Verschiedenes	7500
Zinsen und Amortisationen	12000
Generalunkosten	84420
	364610 Francs.

Am Schlusse des Kostenanschlages, der mir im Original vorlag, berechnete man das jährliche Minimum an CaC_2 auf 3300 *t* und die Selbstkosten pro Tonne auf 110 Francs. — Die täglichen Unkosten würden auf 1104 Francs zu stehen kommen. — Es bedarf nach dem bisher Gesagten keines Nachweises, dass man sich bei diesem Kostenanschlage gründlich verrechnet hat. Der Elektrodenverbrauch ist mindestens doppelt so hoch, und vor allen Dingen ist die Ausbeute viel zu hoch angegeben (dieselbe entspräche einer Produktion von ca. 6 *kg* Carbid pro PS), da doch die Kraft, bevor sie zu den Öfen gelangt, Verluste hat, ganz abgesehen davon, dass man mit so hoher Ausbeute in der Praxis nicht rechnen kann. Kalk und Koks werden kaum zu den angegebenen Preisen zu erhalten sein.

Kalk- und Koksverbrauch ist annähernd richtig angegeben, ebenso die Kosten der Betriebskraft.

Mehr als das Doppelte der obigen Selbstkosten für 1 *t* CaC_2 giebt ein anderer, mir übersandter Kostenanschlag eines französischen Unternehmers an, der zugleich für den Pictet-Ofen mit Vorwärmung berechnet war.

Für 1 *t* CaC_2 sind hiernach nötig (Preise in Francs):

Koks (1100 *kg*) à 15 Francs die 1000 *kg*	16,50
Kalk, ungelöscht (15,04 *kg*) zu 12 Francs die 1000 *kg*	18,40
Betriebskraft	66,42
Elektroden	23,00
Zerkleinern und Mischen der Rohstoffe	19,00
Emballage	4,00
Versicherung, Zinsen, Steuern, Amortisation	30,00
Gehälter und Diversa	18,00
Herstellungskosten 1 *t* CaC_2 Francs	195,32

Für den Pictet-Ofen speziell stellte jener Unternehmer die Selbstkosten pro Tonne CaC_2 auf 69 Francs fest, und zwar:

Kalk (1000 *kg*)	12,00	Francs
Koks (700 *kg*)	8,40	»
Elektrischer Strom	12,00	»
Arbeiter	6,00	»
Sonstige Unkosten, Zinsen u. s. w. . .	30,60	»
	69,00	Francs

Das Kilo Calciumcarbid würde hiernach auf $5^1/_2$ ₰ zu stehen kommen, was man nicht glauben kann. Einesteils sind die Löhne entschieden zu niedrig angenommen, anderenteils aber dürfte trotz der Vorwärmung der Mischung die erforderliche elektrische Energie eine ganz bedeutend grössere sein, wie oben angegeben wird bezw.

aus der angeführten Summe von 12 Francs zu schliessen ist. Pictet selbst giebt als Selbstkostenpreis pro Tonne 82 Francs an.

Eine gleichfalls sehr billige Darstellung von Carbid soll das Verfahren von Heibling[1]) ermöglichen, das indessen bisher in der Praxis nicht eingeführt und nur auf einer Anzahl von Versuchen beruht, die anscheinend sehr sorgfältig ausgeführt wurden. Heibling verwandte zu den Versuchen folgende Mischung:

Chromerz	15,0 *kg*	1.
Koksstaub	3,5 »	
Kalk	8,5 »	2.
Koksstaub	7,8 »	

Von Mischung 2 wurden 3 *kg* mit Mischung 1 innig vermengt. Die benutzten Chromerze hatten folgende Zusammensetzung:

Cr_2O_3	51,50
FeO	14,80
Al_2O_3	13,20
MgO	16,30
SiO_2	3,80
Verlust	0,40
	100,00

Auf den Boden des Ofens brachte Heibling 300 *g* Ferrochrom von 46—49% Chromgehalt. Die Dauer des Versuches betrug zwei Stunden bei einer Stromstärke von 500 Ampère und 42 Volt Spannung; die verbrauchte Energie betrug 64 PS-Stunden. In dem Ofen fand man eine unförmliche Masse von 5 *kg*, die $4^1/_2$ *kg* Metall und $^1/_2$ *kg* Carbid enthielt. Nach einer Reihe weiterer Versuche gelang es Heibling, aus einer Mischung von

15,5 *kg* Erz
18,6 » Kalk
19,9 » Koks

unter Hinzufügung einer Mischung von

12,0 *kg* Koks
19,0 » Kalk

nach einem Verbrauch von 44,8 PS-Stunden einen Block von 8,3 *kg* zu erreichen, der pro Kilogramm 248 *l* Acetylen ergab. Heibling berechnet, dass, wenn man auf diese Weise Chrommetall und Carbid in einem Verfahren gewinnen kann, die Selbstkosten des Carbids unter den bisher erreichten bleiben. Wahrscheinlich ist dies nicht, und zwar aus dem Grunde, weil Heibling aus 69 *kg* Kalk-Kohle-Mischung nur 8,3 *kg* Carbid und als Nebenprodukt aus 15,5 *kg* Erz 6,9 *kg* Metall erhielt. Das Heibling'sche Verfahren ist deshalb ledig-

[1]) »Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Maschinenw.« 1897, 38, 152.

lich der Vollständigkeit halber hier angedeutet. Übrigens benutzt Heibling auch als Elektrizitätsleiter die Schlacke. Ähnlich ist das Verfahren von Aschermann.[1])

Gin und Leleux haben kürzlich ein neues Verfahren zur Darstellung von Calciumcarbid beschrieben,[2]) das die gleichzeitige Gewinnung von reinem Eisen ermöglicht. Bekanntlich giebt das geschmolzene, mit Kohle gesättigte Eisen unter geeigneten Bedingungen in Berührung mit Erdalkalioxyden den gelösten Kohlenstoff an diese ab, unter gleichzeitiger Bildung der betreffenden Carbide. Gin und Leleux haben nun diese Eigenschaft des Eisens ihrem Verfahren zu Grunde gelegt und schmelzen das gekohlte Eisen in dem üblichen Schmelzofen. Ist die Carbidgewinnung vorwiegend beabsichtigt, so wird die Schmelzung mit einem Kohlenüberschuss vorgenommen. Wenn das Eisen genügend geschmolzen ist, wird es in einzelnen Mengen dem elektrischen Ofen zugeführt, woselbst es an Stelle der Kathode tritt, also die negative Elektrode bildet. Die positive Elektrode ist in üblicher Weise aus Kohle in Form eines Stabes gebildet. Hierauf wird eine entsprechende Menge des betreffenden Erdalkalioxyds, dessen Carbid man zu gewinnen beabsichtigt, in den Ofen geführt und der Strom geschlossen. Es wird nun sofort die Entkohlung des Eisens unter Bildung des bezüglichen Carbids vor sich gehen, wobei unter Verflüchtigung der im Eisen enthaltenen elektronegativen Elemente (Schwefel, Phosphor) das Silicium als Siliciumcarbid in die Schlacke gelangt. Ist der Prozess beendigt, so wird die geschmolzene Masse abgestochen, durch Senken des Ofenbodens aus dem Ofen entfernt oder bei Anwendung von Schmelztiegeln diese ausgegossen, worauf sich nach dem Erkalten ein Regulus reines Eisen vorfindet, der von einer Kruste Carbid umgeben ist.

Mitteilungen über einige Calciumcarbid-Werke.

Seit dem Erscheinen der ersten Auflage dieses Buches, hat sich die Carbidindustrie um eine Anzahl neuer Werke vermehrt, die teilweise schon seit einiger Zeit im Betrieb, teilweise in Bau begriffen sind.

In Europa dürften zur Zeit etwa 79000 Wasserpferdekräfte der Carbidindustrie dienstbar sein, die genügen, um pro Tag ca. 280 *t* Carbid zu erzeugen, wozu ca. 336 *t* pulverisierter Koks und 392 *t* pulverisierter Kalk nötig wären. Zu dem Transport sind ca. 200 Eisenbahnwaggons erforderlich.

---

[1]) D. R.-P. Nr. 99342.

[2]) La revue technique 1898, 42.

Das grösste Carbidwerk der Welt, dürfte gegenwärtig das der Aluminium-Industriegesellschaft Neuhausen sein, wenn man deren Werke in Neuhausen, Rheinfelden und Lend-Gastein zusammen als eins betrachtet, wodurch ca. 1200 PS bereit stehen. Es stehen vorläufig nur Mitteilungen über das Werk zu Neuhausen zur Verfügung.

Die Gesellschaft zu Neuhausen hat von der Kantonalregierung in Schaffhausen das Recht erworben, sekundlich 20 m^3 Wasser dem Rhein oberhalb des Falles zu entnehmen, was unter Voraussetzung einer Fallhöhe von 20 m den Erwerb einer effektiven Kraft von 4000 PS bedeutet. Man erbaute die auf der beigefalteten Tafel II[1]) in Fig. 1, 2, 3 skizzierte Maschinenanlage, bestehend aus zwei 600pferdigen Turbinen und einer kleineren von 300 PS. Diese drei Turbinen beanspruchten infolge der sinnreichen Übereinanderstellung von Turbinen und Dynamos an derselben Welle nicht mehr Raum, als die ältere 300pferdige Anlage der Gesellschaft, die zum Teil in dem Grundriss Fig. 5 der Tafel zu erkennen ist und deren Dynamos mit horizontalen Achsen arbeiten. Diese direkte Verbindung machte es erforderlich, Turbinenkonstruktionen zu wählen, die eine sehr grosse Tourenzahl ermöglichen. Man entschied sich deshalb für Jonval-Reaktionsturbinen, von denen eine für die Erregerdynamo 300 PS effektiv abgeben sollte, während die beiden anderen je die doppelte Anzahl leisten sollten.

Die neuesten Erweiterungsanlagen umfassen fünf neue Turbinen zu 610 effektiven PS, bei denen, wie der Querschnitt Fig. 4 der Tafel zeigt, die Beaufschlagung von unten erfolgt und das Laufrad über das Leitrad gesetzt ist. Dadurch konnte für normalen Betrieb jede Entlastung fortfallen, während man für verzögerten Betrieb die Nabe des Turbinenrades zu einem Entlastungskolben ausgebaut und den Entlastungscylinder am konischen Deckel des Leitrades angebracht hatte, um etwas entlasten zu können. Das Entlastungswasser wird oberhalb der Drosselklappen aus dem Zuleitungsrohr genommen und kann für sich abgesperrt werden.

Die Dynamomaschinen, von der Maschinenfabrik Oerlikon geliefert, geben je 7500 Ampère und 55 Volt und sind mit den Turbinen ebenfalls direkt gekuppelt. Der Lagerstern ist auf dem Magnetkranz, der 24 radial angeordnete Magnetpole hat, aufgeschraubt und dient der verlängerten Turbinenwelle als verlängerte Führung, während der Kranz am Gebäude befestigt ist. Die Welle trägt ausser der Armatur den Kollektor, während die 120 Bürsten um den Kollektor beweglich und mittels eines Handrades einstellbar sind. Die magnetische Anordnung ist derart, dass auch starke

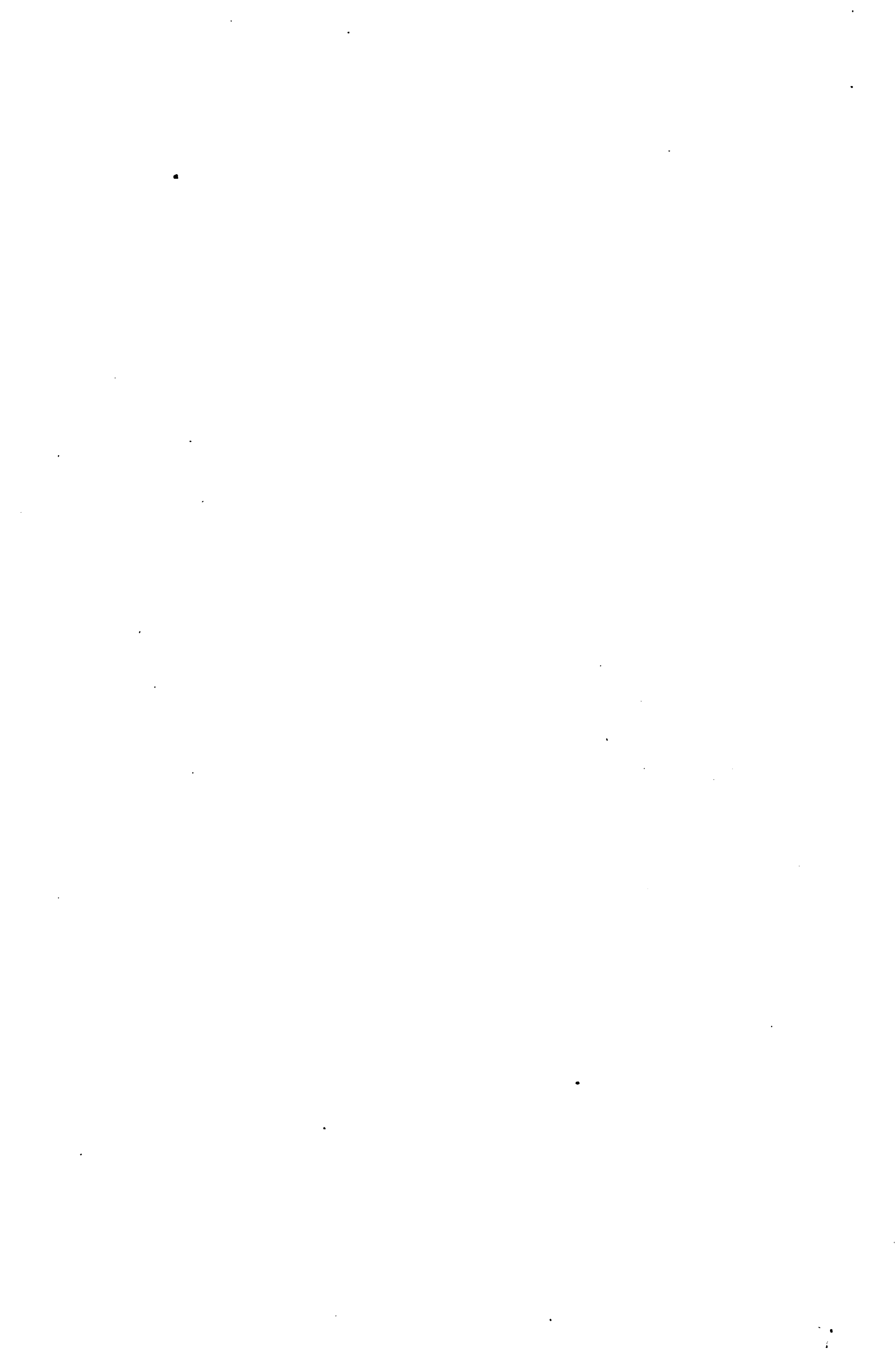
---

[1]) Aus: Dr. Ernst Friedrich Dürre, »Ziele und Grenzen der Elektrometallurgie«. Leipzig 1896. Verlag von Oskar Leiner.

Fig. 3.

Querschnitt nach E–F.





Variationen der Belastung die neutrale Zone nur unbedeutend verändern, sodass die selbsterregend konstruierte Maschine fast keiner Wartung bedarf. Berücksichtigt muss bei Betrachtung dieser Anlage werden, dass dieselbe für die Aluminiumdarstellung gebaut wurde und erst bei Bekanntwerden des technisch verwendbaren Calciumcarbides gleichzeitig auch zur Carbidfabrikation (anfangs täglich 2000 *kg*) verwendet wurde. Jetzt hat die Gesellschaft noch 4000 PS bei Lend-Gastein ausgebaut und hat ferner 4000 PS von dem grossen Elektrizitätswerk in Rheinfelden gemietet.

Carbidwerke der Allgemeinen Carbid- und Acetylengesellschaft-Berlin in Sarpsborg und Deutsch-Mattrei. Das erstere Carbidwerk liegt in Norwegen am Sarpsfall gegenüber dem Carbidwerk Hafslund. Die Kraft wird von der Kellner Partington Paper Pulp. Co. geliefert. Das zweite Werk liegt in Österreich auf dem Brenner. Die Kraft wird von den Brennerwerken G. m. b. H. in München bezogen. Beide Werke werden im ersten Ausbau nur auf je 2000 PS eingerichtet, doch sind an beiden Orten sehr beträchtliche weitere Kräfte reserviert. Die elektrische Einrichtung erfolgt durch die Elektrochemischen Werke Bitterfeld auf Grund der in dem Bitterfelder Betriebe der Carbidfabrikation gesammelten Erfahrungen.

Carbidwerk in Ingleton (Schottland). Die Anlage in Ingleton besteht aus zwei Öfen die von einer Dynamo von 120 Kilowatt gespeist werden. Es handelt sich bei dieser Anlage also nur um eine kleinere Fabrikation. Die Dynamomaschine wurde von Ashton, Forster & Co. gebaut, ist vierpolig mit Trommelanker und leistet bei 425 Touren pro Minute 2000 Ampère bei 60 Volt. Sie kann bis zu 50% zeitweise überlastet werden, ohne ihren funkenlosen Gang zu ändern. Da jeder der beiden Öfen 2000 Ampère zum ökonomischen Betriebe verlangt, soll der zweite Ofen erst nach Erweiterung der Kraftanlage in Benutzung treten. Die Öfen bestehen aus einem inneren Teil von 1 *qm* Grundfläche und 1 *m* Höhe aus Bauxit auf einem Untergestell stehend und aus einer Ummantelung von feuerfesten Ziegeln. Zwischen diesem Mantel und dem inneren Teile des Ofens wird in dem vorderen Teile ein kleines Feuer vor Anlassen des Ofens entzündet, um einen genügenden Zug für die entstehenden Gase einzuleiten. Die Elektroden sind 15 *qcm* stark. Die negative ist in einem Winkel von 30° geneigt, während die positive durch eine Schraube in horizontaler Richtung vorgeschoben wird. An der Eintrittsöffnung der Kohle ist der Ofen mit einem blechernen Wassermantel zur Kühlung versehen; ein zweiter Wassermantel umgiebt den Elektrodenhalter. Die Wassercirkulation geschieht durch über dem Ofen befindliche Reservoire.

Jeder Ofen ist auf ein Fundament aus gewöhnlichen Ziegelsteinen aufgebaut und ruht auf einem eisernen Gestell, um den Ofen an der Bodenseite entleeren zu können, bezw. das fertige Carbid zu entfernen. Die Rohmaterialien werden auf Kollermühlen zerkleinert und, zu Briketts von 5 *qcm* Stärke geformt, in den Ofen gebracht, um den entstehenden Gasen freien Durchzug zu gestatten und den Lichtbogen nicht zu stark zu erschüttern. Ehe die Briketts in das Ofeninnere gelangen, werden sie durch die entweichenden Gase derart vorgewärmt, dass die letzteren um das Rohr geleitet werden, durch das die Briketts in das Ofeninnere geschoben werden. Die Schalttafel besteht aus einer emaillierten Schieferplatte mit Voltmeter (75 V), Ampèremeter (2500 Amp.) zu je 20 Ampère graduiert, doppelpoliger Abschmelzsicherung, Nebenschlusswiderstand und Mehrfachumschalter. Die Kraftübertragung von der Dampfmaschine zur Dynamomaschine geschieht durch sechs Seile von je 35 *mm* Durchmesser. An beiden Maschinen ist Ringschmierung vorgesehen.

Carbidwerk zu Vernier. Die neue Fabrik von Vernier bei Genf wird von der elektrischen Centrale von Chèvres mit Strom versehen. Infolge eines mit der Stadt Genf, welcher die Centrale von Chèvres gehört, abgeschlossenen Vertrages, benutzt die neue Carbidfabrik während des Tages und eines Teiles der Nacht die zur Beleuchtung der Stadt und des Kantons nötigen Maschinen, indem sie gegen eine jährliche Entschädigung von 28800 ℳ wenigstens 1000—1200 PS erhält, wodurch sich der Preis für die Pferdekraft pro Jahr auf 24—28 ℳ stellt; ausserdem stehen ihr zu gewissen Tageszeiten im ganzen mehr als 2000 PS zur Verfügung.

Der verwendete Koks enthält nur 5% Asche und kostet in die Fabrik geliefert 40 ℳ pro Tonne; der Kalk kommt aus den Brüchen von Bellegarde, ist sehr rein und stellt sich gebrannt und gemahlen auf 17,60 ℳ pro Tonne. Diese beiden Grundstoffe sind sehr wohl geeignet, ein sehr reines Carbid zu geben. Jeder Ofen kann 500 PS (6000 Ampère bei 57 Volt) absorbieren; der Wärmeverlust durch Strahlung ist möglichst vermindert und die Hitze selbst gut ausgenutzt. Diese Öfen sind die grössten, welche bis jetzt verwendet wurden.

Der Herstellungspreis einer Tonne Carbid wird von dem Werk berechnet wie folgt:

1000 *kg* Kalk	17,60 ℳ
900 » Koks	46,00 »
Strom	32,00 »
Mahlen, Mischen, Elektroden und Arbeitslohn	40,00 «
Total	125,60 ℳ

Der Strom von 2700 Volt Spannung wird von zweiphasigen Wechselstrommaschinen geliefert, welche zu ihrem Betriebe je 1000 bis 1200 PS erfordern. Zwei Luftleitungen, von welchen jede aus vier Hartkupferdrähten von 5 *mm* Durchmesser besteht, führen den Strom nach der auf einer Höhe liegenden, 720 *m* von der Centrale von Chèvres entfernten Fabrik, welche ebenso wie die Leitung gegen Blitzgefahr geschützt ist; zu welchem Zwecke die ganze Leitung mit einem Metallnetze umgeben ist, welches an jedem Träger mit der Erde und ausserdem in der Centrale mit der Rhone in Verbindung steht.

Bei seiner Ankunft in Vernier geht der hochgespannte Strom durch Rheostate, deren Wärme dazu dient, den Koks vollständig zu trocknen, ehe er mit dem Kalke gemischt wird. Die Einschaltung dieser Rheostate bietet auch den Vorteil, in gewissem Maasse die Gegenschläge, welche durch Kurzschlüsse in den Öfen entstehen können, zu verhindern, sich auf die Maschinen in der Centrale fortzupflanzen und diese zu beschädigen. Der Spannungsverlust in der Leitung und den Rheostaten beträgt bei voller Ladung 400 Volt.

Der Strom geht jetzt in acht Gruppen von Transformatoren von je 150 Kilowatt. Jede derselben besteht aus zwei Stück von 75 Kilowatt, welche auf einer Basis montiert und miteinander parallel geschaltet sind. Sie wurden von der Gesellschaft für elektrische Industrie gebaut und erniedrigen die Spannung von 2300 auf 57 Volt, worauf der Strom in das Ofengebäude geht, welches acht Öfen von je 500 PS aufnehmen kann, wenn die Fabrik ihre ganze Leistungsfähigkeit entwickelt. Die Öfen sind auf Wagen montiert, wodurch es möglich ist, dieselben zu transportieren; sie stehen während des Funktionierens über einer Grube, damit, wenn der Boden eines Ofens nachgiebt, wie dieses schon in anderen Fabriken vorgekommen ist, die flüssige Masse in diese Grube läuft und sich nicht auf dem Boden ausbreiten und das Personal in Gefahr bringen kann.

Was den Ofen selbst betrifft, so bildet er einen Cylinder aus Presskohle von 1,50 *m* Durchmesser und 0,80 *m* Höhe, der aussen mit starkem Kesselblech verkleidet ist. In verschiedenen Höhen sind vier Abstechlöcher angebracht, durch welche man von dem flüssigen Inhalte entnehmen und sich von der stattfindenden Reaktion Rechenschaft geben kann. Oben befindet sich ein Trichter von Eisenblech zum Einbringen der Mischung von Koks- und Kalkpulver. Die Elektrode, welche in den Kohletiegel taucht, besteht aus sechs nebeneinander stehenden Kohleblöcken von $0,13 \times 0,23$ *m* bei 1,50 *m* Länge; ihr Gewicht beträgt 390 *kg* und ihr ganzer Querschnitt 1794 *qcm*.

Der mechanische Teil der Einrichtung ist nicht weniger interessant, als der elektrische. Da die Fabrik von vornherein nicht mit einer

regelmässigen Kraft und in vollem Betriebe arbeiten konnte, war es von grosser Wichtigkeit, die Handarbeit auf das möglichste zu reduzieren. Die zum Betriebe nötige Kraft beträgt 20 PS, welche von einem Zweiphasenmotor à 57 Volt geliefert wird, den einer der Transformatoren speist.

Der Motor bewegt eine Kollermühle, in welche der Koks geschüttet wird, bei deren Verlassen er durch ein Becherwerk in einen rotierenden Siebcylinder gehoben wird, aus dem er in eine Transportschnecke fällt, während die Teile, die nicht durch das Sieb gefallen sind, zur Maschine zurückkehren. Die Schnecke führt den Koksstaub in den Trockencylinder, welcher gegen den Horizont geneigt und inwendig mit Längsrippen versehen ist. Während nun der Koksstaub durch die Drehung von Rippe zu Rippe fällt, strömt ihm heisse Luft entgegen, welche aus dem Rheostatenraume kommt, und das vollständige Trocknen bewirkt. Dadurch erreicht man, dass sich kein gelöschter Kalk bilden kann, welcher schwieriger zu zersetzen ist und die Ausbeute vermindert.

Der Koksstaub fällt beim Verlassen der Schnecke in einen gemauerten Raum, aus welchem er zur Mischung mit dem Kalke entnommen wird. Diese Mischung wird folgendermaassen bewerkstelligt: Der gebrannte Kalk, welcher schon pulverisiert abgeliefert wird, befindet sich in drei gemauerten Kammern. Ein erstes Becherwerk entnimmt und hebt ihn in eine Schnecke; ein zweites, welches von derselben Transmission angetrieben wird, bringt den Koksstaub aus seinem Behälter in dieselbe Schnecke, wo also die Mischung beider durch diese selbst erfolgt. Um das richtige Verhältnis herzustellen, kann die relative Geschwindigkeit der beiden Becherwerke auf das genaueste geregelt werden. Um die Mischung ganz innig zu machen, geht das Gemenge in einen zweiten Behälter, aus diesem in einen dritten, aus welchem es endlich in die Schnecke gehoben wird, die es zu den Öfen führt.

Alle diese Operationen vollziehen sich ganz selbstthätig, und einmal in regelmässigem Betriebe, ist jede Handarbeit und besonders das Wiegen der Grundstoffe unnötig. Zur Kontrolle wird das Gemenge von Zeit zu Zeit analysiert, um zu sehen, ob es in richtigem Verhältnisse zum Ofen gelangt. Auch sind alle Vorsichtsmassregeln getroffen, um Explosionen oder sonstige Unfälle zu verhüten, welche in Lokalen, die grosse Mengen von Calciumcarbid enthalten, immer mehr oder weniger zu fürchten sind. Namentlich ist eine gute Ventilation nötig, welche das Ansammeln von Staub oder Gasen in irgend einem Teile des Gebäudes verhindert. Zu diesem Zwecke ist das Dach ganz flach, ohne irgend einen Vorsprung nach innen, ausserdem ist es von den Aussenmauern durch einen Zwischenraum

von 40 *cm* getrennt, so dass sich nirgendwo Gas oder Staub ansammeln kann.

Beim Gebäude selbst ist jeder brennbare Stoff vermieden; dasselbe ist ganz aus Eisen, Stein und Beton konstruiert, so dass die Brandgefahr auf ein Minimum reduziert ist, indem nur der Koksvorrat einem Feuer Nahrung geben könnte. Dieses ist ein Hauptpunkt bei einem Gebäude, welches grosse Mengen von Calciumcarbid enthält, da man ein solches im Falle eines Brandes nicht mit Wasser löschen kann.

Auch über das Carbidwerk von Thomas L. Willson in St. Chaterina bei Meriton (Kanada) stehen einige betriebstechnische Mitteilungen zur Verfügung. Das Werk ist seit 15. August 1896 im Betrieb und erhöhte seine Produktion seit 10. Januar 1898 auf das Doppelte. Die Werke liegen an dem alten Welland-Kanal bei Meriton, und die Kraft wird von den drei Schleusen des Kanals erzeugt. Die dritte Schleuse wurde vervollständigt und am 10. Januar 1898 in Betrieb genommen, indem man so 1200 PS im ganzen zum Betrieb der Werke aufstellte.

Die benutzten Turbinen besitzen Riemenscheiben von 31,5″ Oberfläche und treiben mittels Riemen die Dynamo an. Als Leiter zu den Öfen dient ein Kupferkabel von 21 00-Drähten von insgesamt 3″ Durchmesser.

Die Rohmaterialien werden von Waggons aus in einen Fülltrichter geschaufelt und gelangen von hier aus automatisch zum Fusse eines Elevators, der sie den Zerkleinerungsmaschinen zuführt. Nach der Zerkleinerung werden die Materialien auf einem rotierenden Siebe gesiebt, und die zurückbleibenden grösseren Stücke kommen von neuem in die Zerkleinerungsmaschinen. Nach der Zerkleinerung werden Kalk und Koks in einer Mischmaschine innig miteinander vermengt und dann mit Hilfe einer Schnecke nach dem Ofenraum geführt.

Jeder Ofen absorbiert bei Aufwendung einer Kraft von 200 PS eine Energiemenge von durchschnittlich 1800 Ampère und 75 Volt. Die Öfen sind nach der Willson-Type (Fig. 16) gebaut und produzieren in 24 Stunden 800 *kg* Calciumcarbid. Nach Abkühlung wird das Carbid zerkleinert und in luftdicht verschliessbare Blechbüchsen verpackt. In demselben Raum ist auch der Gasometer untergebracht, von dem die Acetylenleitungen, die zur Beleuchtung der verschiedenen Räumlichkeiten dienen, gespeist werden. Die Antriebswelle für die Zerkleinerungsmaschinen läuft von diesem Raume unterirdisch zum Hauptgebäude. Die benutzte Kalk-Koks-Mischung weist durchschnittlich ein Verhältnis von 100 Teilen Kalk zu 68 Teilen Koke auf.

Das Produkt der Willson-Carbid-Works Company während der 13 Monate bis Ende Dezember 1897 war 574 *t* Calciumcarbid à 34,440 Dollar oder 60 Dollar pro Tonne und konstatierte ein Äquivalent von 86,053,725 *cbm* Kohlengas. Von dieser Quantität wurden 745,817 Pfund exportiert und 401,566 Pfund zum Konsum in Kanada verkauft. Der Lokalgebrauch des Artikels ist schnell im Steigen begriffen. Um 574 *t* Calciumcarbid zu erzeugen, werden 768 *t* Koks und 903 *t* Kalk benutzt, von denen erstere 2646,37 Dollar und letztere 2707,39 Dollar kosten. Die Durchschnittszahl der bei den Werken benutzten Arbeiter war 30, und der ausgezahlte Lohn betrug 12,544,62 Dollar.

Carbidwerk Hafslund am Sarpsfors in Norwegen. Da dieses Werk noch im Bau begriffen ist, waren nur Notizen über die Kraftanlage zu erlangen.

Der Sarpsfall, der sein Wasser vom Flusse Glommen bekommt, hat das grösste Niederschlagsfeld von sämtlichen norwegischen Wasserfällen, nämlich 40000 *qkm*. Die Wasserzufuhr ist während des Winters gewöhnlich 150 *cbm* pro Sekunde; diese kann jedoch auf 100 *cbm* heruntersinken. Die nutzbare Fallhöhe ist 18—19 *m* und eine Wasserzufuhr von 150 m^3, entspricht 30000 PS, 100 m^3 entsprechen 20000 PS, die Wasserzufuhr im Sommer repräsentiert 150000—200000 PS. Auf beiden Seiten des Falles besteht das Terrain aus Felsen, an der Hafslund-Seite ist eine 10 *m* breite Rinne ausgesprengt, welche in einem Bassin endet, von wo das Wasser durch Rohrleitungen den Turbinen zugeführt wird. Da die Eishinderungen im Flusse Glommen sehr bedeutend sind, hat man besondere Rücksicht auf die Überwindung dieser genommen. Gleichfalls hat man bedeutende Arbeiten mit dem Anbringen von Überläufen, Schleusen u. s. w., auf Hochwasser Rücksicht nehmend, getroffen. Ausserdem sind eigene Rinnen für Holzflösung an der Seite des Falles gebaut, sodass man keine Schwierigkeiten mit derselben habe. Von den Rohrleitungen, welche das Wasser zu den Turbinen führen, hat das grösste Rohr einen Durchmesser von 3 *m*, und jedes dieser Rohre liefert eine Wassermasse, die ca. 3500 PS entspricht. Das Turbinenhaus ist für 7800 PS gebaut, jedoch auf die Weise, dass es sich künftig vergrössern lässt. Die Fundamentierungsarbeiten waren ausserordentlich schwierig durchzuführen und verursachten grosse Kosten. Grosse und kostenvolle Arbeiten hatte man auch mit dem Bau von vorläufigen Rinnen, welche das Wasser zu den dortigen Sägen und Cellulosefabriken führten, da der Betrieb dieser selbstverständlich unabhängig von der Aufführung der Hafslund-Anlage geschehen musste.

Die Fabrikation wird vor allem andern Calciumcarbid, dann Aluminium und später auch andere Produkte umfassen, ausserdem gedenkt man Kraft und Licht an die umliegenden Distrikte darunter die Stadt Fredriksstadt abzugeben. Für Hafslund ist eigentlich dieser Verkauf von Kraft und Licht bloss eine Nebensache, doch man kann dies mit Vorteil thun, da dazu dieselben Dynamos verwendbar sind, wie zur Calciumcarbidfabrikation. Die Dynamos sind direkt an die vertikal liegende Turbinenachse angebracht, und jede Dynamo liefert 1200 PS bei 5000 Volt (Drehstrom). Der Strom wird mit dieser Spannung der Carbidfabrik zugeführt, wo man ihn in einen Strom niedrigerer Spannung umwandelt. Die Anlage wird mit der Smaalens - Eisenbahn mit einer elektrischen Bahn in Verbindung gebracht, welche auch bis Sannesund verlängert wird.

Verpackung und Transport des Calciumcarbids.

Die Verpackung des Calciumcarbids geschieht in Büchsen aus verzinntem, verzinktem oder verbleitem Eisenblech, das je nach der Grösse der Büchsen $^1/_2$—2 *mm* stark ist. Die Büchsen werden in den Grössen von 40—120 *kg* Inhalt, mitunter (in Amerika) in Grössen von 500 *kg* Inhalt, hergestellt und durch Verlöten, Verschrauben (Schwanenhalsgewinde), durch Bajonettverschlüsse oder Klemmbügel verschlossen.

Nach § 11 der Postordnung darf in Preussen und den Bundesstaaten Calciumcarbid per Post nicht befördert werden. Die Eisenbahnverwaltungen bezw. der Bundesratsbeschluss vom 6. Februar 1896 verlangt luftdicht verschlossene, eiserne Gefässe. Was versteht man nun unter eisernen Gefässen? Sowohl eine Konservenbüchse wie einen Stahlcylinder für flüssige Gase, sowohl einen Blecheimer, wie eine gusseiserne oder schmiedeeiserne Tonne. Demnach ist es sehr erklärlich, dass die Auslegung des Bundesratsbeschlusses grundverschieden gehandhabt wird. Vorsichtshalber verlangen die ausführenden Organe dasjenige, was nach dem Wortlaut des Beschlusses überhaupt möglich ist und hieraus entspringt eine ungerechte, zum mindestens unbeabsichtigte, aber sehr einschneidende Schädigung des Carbidhandels. Wir sind der Meinung, dass einheitlich Gefässe von verbleitem Eisenblech, von einer Blechstärke, die einem Druck von höchstens $^1/_{50}$ Atmosphäre widersteht, für den Carbidtransport vollkommen genügend sind. Die einzige Möglichkeit einer Gefahr lässt sich dadurch begründen, dass in dem Transportgefäss eine Entwickelung von Acetylen stattfindet und dadurch in der Büchse ein Überdruck entsteht. Unter diesen Umständen wäre allerdings (bei 1 Atmosphäre Überdruck im Innern) eine Explosion

nicht ausgeschlossen. Obgleich nun dieser Fall zu den Ausnahmen gehören dürfte und immerhin noch ein Funken dazu gehört, um die Zersetzung des Acetylens zu bewirken, so würde doch im Falle einer solchen die Büchse eine Bombe darstellen. Es ist daher verkehrt, wenn die Behörden jetzt recht starkwandige Gefässe fordern, denn je grösser die Festigkeit der Büchse gegen inneren Druck, eine desto grössere Gasspannung könnte sich in der Büchse bilden.

Die Besorgnis dieserhalb wird gegenstandslos bei Anwendung der im Handel befindlichen verschiedenen Sicherheitsverschlüsse. Diese lassen das Gas, welches sich etwa in der Büchse bildet, schon bei einem gewünschten Druck ($^1/_{50}$ Atmosphäre) ins Freie entweichen und ein höherer Druck kann in der Büchse infolgedessen nicht entstehen. Acetylen unter schwachem Druck verhält sich aber bekanntlich etwa so wie Leuchtgas unter schwachem Druck bezüglich seiner Eigenschaften, ist also viel ungefährlicher wie z. B. Wasserstoff, welcher ja auch in Bomben und noch dazu auf 50 und mehr Atmosphären komprimiert per Bahn versandt wird. Der Sicherheitsverschluss ist natürlich so ausgebildet, dass Wasser unter keinen Umständen in die Büchse eindringen kann, sodass sie tagelang sogar im Wasser liegen kann, ohne dass dasselbe in die Büchse eindringt.

Es ist nicht abzusehen, dass die Bahnen und die Reichspost dem Transport von Carbid sich noch widersetzen könnten, falls an den Büchsen derartige Verschlüsse angebracht sind, und wir hoffen, dass durch Einführung dieser Verschlüsse dem gegenwärtigen, für unsere Industrie unhaltbarem Zustande ein Ende gemacht wird.

2. Teil.

Das Acetylen.

Wesen, Herstellung und Eigenschaften des Acetylens.

Wie bereits eingangs des ersten Abschnittes mitgeteilt, entwickelt die grösste Anzahl Carbide in Verbindung mit Wasser die Kohlenwasserstoffe Acetylen, Äthylen und Methan. Die Kohlenwasserstoffe sind chemische Verbindungen von Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H). Unter starker elektrischer Entladung verbinden sich beide Elemente direkt zu Acetylen. Wie die Spektralanalyse lehrt, bestehen die Kometen zum Teil aus Kohlenwasserstoffen, ferner bilden die Pflanzen Kohlenwasserstoffe als Hauptbestandteile der ätherischen Öle, als Kautschuk u. s. w. Gasförmige Kohlenwasserstoffe entströmen dem Boden, als Zersetzungsprodukte bei Fäulnis und Verwesung organischer Substanzen bilden sie sich gleichfalls und auch bei der trocknen Destillation organischer Substanzen entstehen Kohlenwasserstoffe, weshalb sie sich im Steinkohlengas und im Teer vorfinden. Das Petroleum ist ein flüssiger, der Ozokerit und ähnliche Mineralien sind feste Kohlenwasserstoffe.

Man kann zwei grosse Gruppen Kohlenwasserstoffe unterscheiden: Die der Fettreihe und die der karbo- oder isocyklischen Reihe. Zu der ersteren Gruppe gehören die gesättigten und ungesättigten Kohlenwasserstoffe. Die gesättigten Kohlenwasserstoffe repräsentiert die Methanreihe, die als Anfangsglieder folgende homologe Kohlenwasserstoffe enthält:

Methan . .	CH_4	Hexan . .	C_6H_{14}
Äthan . .	C_2H_6	Heptan . .	C_7H_{16}
Propan . .	C_3H_8	Oktan . .	C_8H_{18}
Butan . .	C_4H_{10}	Nonan . .	C_9H_{20}
Pentan . .	C_5H_{12}	Dekan . .	$C_{10}H_{22}$

Bei diesen Kohlenwasserstoffen sind alle Kohlenstoffatome untereinander nur durch eine Valenz verbunden und die übrigen Valenzen sind durch Wasserstoff gebunden, sie sind gesättigt. In den Molekülen der ungesättigten Kohlenwasserstoffe sind hingegen zwei oder mehr

Kohlenstoffatome mit mehr als einer Valenz verbunden. Hierher gehören die Äthylenreihe:

Äthylen . .	C_2H_4	Heptylen . .	C_7H_{14}
Propylen .	C_3H_6	Oktylen . .	C_8H_{16}
Butylen . .	C_4H_8	Nomylen . .	C_9H_{18}
Amylen . .	C_5H_{10}	Dekatylen .	$C_{10}H_{20}$
Hexylen . .	C_6H_{12}		

und die Acetylenreihe:

Acetylen . .	C_2H_2	Valerylen .	C_5H_8
Allylen . .	C_3H_4	Diallyl . .	C_6H_{10}
Krotonylen .	C_4H_6		

Die Kohlenwasserstoffe mit einer geringen Anzahl von Kohlenstoffatomen sind Gase; die kohlenstoffreicheren sind farblose, charakteristisch riechende, in Wasser unlösliche, spezifisch leichtere Flüssigkeiten, deren Siedepunkt mit dem Kohlenstoffgehalt steigt. Die kohlenstoffreichsten Kohlenwasserstoffe sind krystallisierbare Körper, deren Schmelzpunkt gleichfalls mit dem Kohlenstoffgehalt steigt.

Die dritte der oben angegebenen Reihen repräsentiert sich in ihrer grössten Wichtigkeit für die Technik im Acetylen (Äthin, Klumegas). Das Acetylen findet sich im rohen Steinkohlengas (zu etwa 0,06 %), besonders aber im Petroleumgas. Es entsteht ausser durch Verbindung von Calciumcarbid und Wasser bei Zersetzung von Äthylenbromid ($C_2H_4Br_2$) mit alkoholischer Kalilauge, bei unvollkommener Verbrennung verschiedener Substanzen, beim Hindurchleiten von ölbildendem Gas oder Ätherdampf durch eine glühende Röhre und direkt aus seinen Elementen, wenn man elektrische Funken zwischen gereinigter Kohle in reinem Wasserstoff überspringen lässt, was zuerst Berthelot ausführte.

Wir geben nun im folgenden eine allgemeine Schilderung des Acetylens, gehen jedoch auf seine, für die industrielle Verwendung in Betracht kommenden Hauptmerkmale, wie Explosibilität, Giftigkeit, Verbrennung u. s. w., in besonderen Abschnitten ein.

Die erste Nachricht über das Acetylen stammt von Edmond Davy, der 1836 in dem Rückstand der Kaliumgewinnung mit Wasser ein unangenehm riechendes Gas beobachtete.[1] Torrey[2] will 1859 in den New-Yorker Gasleitungen Kupferacetylür, Crova[3] 1863 dasselbe beobachtet haben. 1862 berichtete Wöhler über das Acetylen.[4]

---

[1] Ann. d. Chemie u. Pharmacie, XXIII, 144; desgl. Brit. Assoc. Rep., 1836, 62.

[2] Jahresberichte 1859, 222.

[3] Compt. rend., LX, 415.

[4] Ann. d. Chemie u. Pharmacie, CXXV, 220; desgl. Göttinger Nachrichten 1862, 374 (»Über die Bildung des Acetylens aus Kohlenstoff-Calcium«).

Er gewann es durch Zersetzung einer zusammengeschmolzenen Calcium-Zink-Kohle-Mischung mit Wasser und stellte fest, dass das so erhaltene Acetylen mit hell leuchtender aber stark russender Flamme verbrennt, dass es mit Chlor ein selbst in zerstreutem Licht selbstentzündliches Gemisch bildet und beim Erwärmen mit einer Lösung eines ammoniakalischen Silbersalzes ein selbstentzündliches Gasgemisch ergiebt.

In demselben Jahre begann Berthelot[1]) seine grundlegenden Untersuchungen des Acetylens und stellte es durch direkte Vereinigung von Kohlenstoff und Wasserstoff auf folgende Weise dar:

In einen Glasballon (Fig. 56) sind zwei Kohleelektroden geschoben, von denen a kurz vor ihrem Ende eine Kupferhülse trägt, während b hohl ist, um einen Wasserstoffstrom hindurch zu lassen. Wird der Ballon nun in einen elektrischen Stromkreis geschaltet und Wasserstoff in denselben geleitet, so werden die Spitzen der Elektroden in Kohlendampf verwandelt, der sich mit dem Wasser-

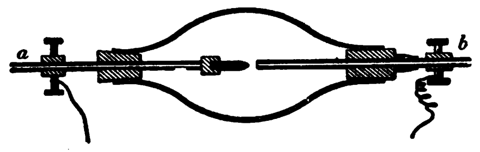


Fig. 56.

stoff zu Acetylen verbindet. Es ist erwiesen, dass die Zersetzungen von allen Kohlenstoffverbindungen mittels des elektrischen Lichtbogens in Gegenwart von Wasserstoff von der Bildung von Acetylen begleitet ist; so haben wir beispielsweise mit Cyanogen

$$C_2 N + H_2 = C_2 H_2 + N_2,$$

mit Kohlenstoff-Tetrachlorid

$$2\,C\,Cl_4 + 10\,H = C_2 H_2 + 8\,H\,Cl.$$

Pizarello erhielt Acetylen, indem er Äther in einem Vakuum den Funken einer Induktionsspule aussetzte. Alle diese Darstellungen bewiesen die endothermischen Eigenschaften des Acetylens.

Bredig[2]) fand in den Gasen, die beim Durchschlagen des elektrischen Funkens durch Petroleum entwickelt werden, gleichfalls Acetylen und gewann grössere Mengen desselben, indem er den Lichtbogen benutzte. Das so erhaltene Gas hatte eine dem Pintsch-(Fett-)Gas ähnliche Zusammensetzung.

---

[1]) Ann. de chimie et de physique, 3. Serie, LXVII, 52; desgl. 4. Serie, XI, 385, 413, 418, 421, 426, 428, 481.

[2]) Zeitschr. f. Elektrochemie 1898, 22, 514.

Eine fernere Methode zur Darstellung von Acetylen war die unvollständige Verbrennung von Kohlenwasserstoff-Verbindungen bei Glühhitze. Die unvollständige Verbrennung mit ihrer sie begleitenden Bildung von Acetylen entspricht dem hässlichen knoblauchähnlichen Geruch, den man nach einiger Zeit in einem Gasofen oder auch mitunter im Auerbrenner wahrnimmt, wenn sie mit ungenügender Luftzufuhr arbeiten; unter diesen Verhältnissen wird eine kleine Menge von Acetylen erzeugt, die zur Entstehung des erwähnten Geruches Veranlassung giebt.

Berthelot benutzte für diese Methode der Acetylendarstellung beistehend abgebildeten Apparat (Fig. 57). In einem Bunsen-Brenner wird mittels Schliesser U Gas und Luft so reguliert, dass ersteres stets in solchem Übermaass vorhanden ist, dass eine kleine Flamme aus den beiden Schliesseröffnungen hervorbricht, ohne eine solche von bedeutender Grösse zu bilden.

Der Brenner A mündet in die Kupferröhre B, die nach der Kühlkammer CC führt, durch die mittels der Röhren a b Wasser

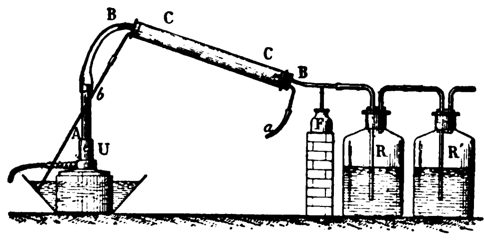


Fig. 57.

cirkuliert. Die Gase gelangen nun durch die zweite Röhre B (rechts) unter Abscheidung von Kondensprodukten in die Flasche F, in die mit ammoniakalischer Kupferchlorürlösung gefüllten Flaschen RR'. Es muss vermieden werden, freien Sauerstoff durch die Kupferlösung gehen zu lassen, da er das Reagens angreift. Nach richtiger Regulierung arbeitet der Apparat selbstthätig Tag und Nacht. Etwa alle 24 Stunden schliesst man das Gas ca. $^1/_2$ Stunde ab, um Acetylenkupfer niederzuschlagen, was so lange wiederholt wird, bis eine genügende Menge hiervon vorhanden ist. Das darüber stehende Wasser wird nach vollständiger Klärung abgezogen und das Acetylenkupfer zur beliebigen Zubereitung von Acetylen durch Zufügung von Chlorwasserstoffsäure aufbewahrt.

Jungfleisch, ein Mitarbeiter Berthelots, gab mit letzterem ein weiteres Verfahren zur Acetylengewinnung an, die gleichfalls von dem Kupferacetylid ausgeht. Er brachte mittels eines besonderen Brenners einen Luftzug in die Mitte eines Leuchtgasstrahles und

regulierte den Brenner so, dass der Zutritt genügenden Sauerstoffes verhindert wurde, wodurch eine sehr unvollständige Verbrennung erzielt wurde. Der weitere Vorgang nach der Gleichung

$$C_2Cu_2H_2O + 2\,HCl = C_2H_2 + Cu_2Cl_2 + H_2O$$

geschieht wie oben.

Eine etwas regelmässigere Reaktion erzielte Berthelot nach der Gleichung

$$C_2H_4Br + 2\,C_2H_5OK = 2\,KBr + 2\,C_2H_5OH + C_2H_2.$$

Ausser den angegebenen Methoden giebt es noch eine Anzahl anderer, die sämtlich wohl für wissenschaftliche Zwecke verwertbar sind, eine industrielle Anwendung jedoch nicht zulassen, und erst dem Anfang des letzten Dezenniums war es vorbehalten, der Industrie dieses Gas zuzuführen, von dem man ausgehend, fast alle Körper der organischen Chemie herstellen kann.

Überraschend ist die lebhafte Reaktion, die sofort eintritt, sobald man Calciumcarbid mit Wasser in Berührung bringt. Unter voluminöser Zunahme und gleichzeitigem Zerfall tritt eine heftige Gasentwickelung ein, die solange anhält, bis der letzte Tropfen Wasser verbraucht ist. Das entweichende Gas ist Acetylen, der Rückstand Kalkhydrat.

Die Reaktion verläuft folgendermaassen:

$$CaC_2 + H_2O = C_2H_2 + CaO$$

Calciumcarbid + Wasser = Acetylen + Calciumoxyd,

ferner:

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

Calciumoxyd + Wasser = Calciumhydroxyd,

sodass die gesamte Reaktion durch folgende Gleichung ausgedrückt werden kann:

$$CaC_2 + 2\,H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

Calciumcarbid + Wasser = Acetylen + Calciumhydroxyd.

Hieraus ergiebt sich, dass zur Zersetzung von 1000 *g* Calciumcarbid 562 *g* Wasser erforderlich sind, wobei 406 *g* Acetylen und 1156 *g* Calciumhydroxyd entstehen. Demnach ergiebt 1 *kg* reines Carbid bei 760 *mm* Druck (Luftdruck) und 0^0 C. 348,9 *l* Acetylen. Die Reaktion wird eine wesentlich geringere Heftigkeit annehmen, wenn Wasserdampf auf rotglühendes Calciumcarbid einwirkt, wobei die sich bildende Schicht von Kohle und Karbonat auf dem Carbid den Einfluss des Wassers hemmt.

In der Praxis erhält man selten mehr als 320 *l* Acetylen aus einem Kilogramm Calciumcarbid und die aufzuwendende Wassermenge muss bedeutend grösser sein, als die theoretisch berechnete. Man wird gut thun, mindestens das gleiche Gewicht Wasser wie Carbid zu nehmen. Da letzteres eine Dichtigkeit von 2,2 hat, so wiegt also 1 *l* desselben 2,2 *kg*; bezw. 2,2 *kg* Carbid sind gleich einem Liter Volumen. Ein Wasserüberschuss wird für alle Fälle

zu empfehlen sein. Die Menge des Kalkrückstandes beträgt dann mitunter auf 1 *kg* Carbid bis 8 *l*. Wird das Wasser dem Carbid zugeführt, so erfolgt die Reaktion solange energisch, bis der äussere Teil des Carbids zersetzt ist. Der entstehende Kalkschlamm bildet im Verlauf der Zersetzung um das Carbid einen Mantel, der den Zutritt des Wassers zu dem Carbid erschwert, infolgedessen die Wirkung des Wassers mit der Dauer derselben abnimmt. Die Geschwindigkeit der Acetylenerzeugung wird also bei dieser Methode eine abnehmende und unregelmässige sein. Ferner wird selbst nach dem Aufhören des Wasserzutritts noch Gas weiter entwickelt. Diese Nachentwickelung bezw. Nachgasung entsteht dadurch, dass das Kalkhydrat das in ihm mechanisch gebundene Wasser weiter auf das von ihm noch umschlossene Carbid wirken lässt, oder dass der durch die herabgeminderte Temperatur kondensierte Wasserdampf mit Carbidresten in Berührung kommt. Mit einem Abschluss des Wasserzuflusses hört also bei dieser Art der Acetylendarstellung die Gasentwickelung keineswegs auf, sondern sie hält noch stundenlang in immer schwächerem Maasse an. In dem Abschnitt: »Die Apparate zur Entwickelung des Acetylens« ist hierauf näher eingegangen, wie auch auf die — übrigens erfolglosen — Bestrebungen, diese Übelstände durch Überziehen des Carbids mit Zucker, Öl, Stearin oder durch Verdünnen des Wassers mit Aceton, Kochsalz, Glyzerin, Methylalkohol, ferner durch Anwendung von Chlormagnesium, Chlorcalcium u. s. w. zu vermeiden.

Nach obiger Formel enthält das Acetylen 92,3 Teile Kohlenstoff und 7,7 Teile Wasserstoff und besteht aus zwei Atomen Kohlenstoff (C_2) und zwei Atomen Wasserstoff (H_2). Wie bereits erwähnt, verbindet sich nach der Berthelot'schen synthetischen Methode der Acetylendarstellung im elektrischen Funken der Kohlenstoff der Elektrode mit dem künstlich zugeführten Wasserstoff zu Acetylen. Bei der Darstellung dieses Gases aus Carbid vereinigt sich der Kohlenstoff des Carbids mit dem Wasserstoff des Wassers. Hierbei dient die Wärme dazu, den Kohlenstoff aus dem festen und den Wasserstoff aus dem flüssigen Zustande in Gasform überzuführen. Infolgedessen geht die Verbindung dieser beiden Elemente zu Acetylen endothermisch vor sich, d. h. es wird dabei Wärme verbraucht (51,4 Kal.), die Zersetzung des Acetylens in seine beiden Bestandteile geschieht indessen exothermisch, d. h. es wird dabei Wärme erzeugt. Die Temperatur, bei der diese Zersetzung des Acetylens erfolgt, ist 780°. Wird Acetylen also dieser Temperatur ausgesetzt, so explodiert es ohne jede weitere Einwirkung. Bei einer Mischung von 90% Acetylen und 10% Wasserstoff liegt die Zersetzungswärme bei 896°, bei 80% Acetylen und 20% Wasserstoff bei 1000° C.

Acetylen-Luft-Gemische mit 2,8 %—65 % Acetylen explodieren, wenn ihre Temperatur 480° C. beträgt oder wenn sie mit einem glühenden Körper in Berührung kommen. Für Acetylen-Sauerstoff-Gemische liegt die untere Entzündbarkeitsgrenze bei 2,8° C., die obere bei 93°. Die Explosibilität des Acetylens hängt ferner ab von dem Druck, unter dem es steht. Acetylen unter 2 Atmosphären absolutem bezw. 1 Atmosphäre Überdruck wird durch Kontakt mit einem glühenden Körper nur in der nächsten Umgebung desselben zersetzt, die Zersetzung pflanzt sich nicht fort. Steigt der Druck über 2 Atmosphären, so erfolgt bei Gegenwart eines glühenden Körpers Explosion des Acetylens.

In Wasser ist Acetylen ziemlich leicht löslich. Das spezifische Gewicht des Acetylens beträgt 0,91.

Will man das spezifische Gewicht des Acetylens und seine Explosionskraft mit denen des gewöhnlichen Gases vergleichen, so giebt es verschiedene Wege und eine ganze Anzahl Apparate. Am einfachsten und schnellsten gelangt man auf folgende Weise zum Ziel. Man nehme zwei oben und unten mit Korkstöpseln verschlossene Lampencylinder, die je mit einem Einlassrohr unten und mit einem grösseren Messingrohr oben versehen sind. Den einen fülle man mit Steinkohlengas u. s. w., den anderen mit Acetylen und entzünde beide Gase an den oberen Rohren, worauf man die in den Einlassrohren befestigten Kautschukröhren entfernt. Die Flammen werden an der oberen Mündung weiterbrennen, da jedes Gas, von einer Luftschicht getragen, in die Höhe steigt; diese Luft strömt rasch von unten ein und die Dichtigkeiten der Gase lassen sich aus der Geschwindigkeit schätzen, mit der jedes aus den Cylindern strömt. Das gewöhnliche Gas strömt schneller heraus und brennt mit einer grösseren Flamme, als wie das Acetylen, weil es leichter ist. Zuletzt schlägt die Flamme auf den geringen Rückstand des Gases, das sich in den Lampencylindern mit Luft vermischt hat, nieder, und eine kleine Explosion findet statt, die bei Acetylen um ein geringes stärker, wie bei Steinkohlengas ist.

Der Entflammungspunkt des Acetylens liegt bei ca. 480° C. Findet die Verbrennung nach der Formel

$$C_2H_2 + 5\,O = 2\,CO_2 + OH_2$$

statt, so verbrennt 1 *cbm* Acetylen, der 1189,5 *g* wiegt, 1098 *g* Kohlenstoff und 91,5 *g* Wasserstoff enthält, wobei 4026 *g* Kohlensäure = 2 *cbm* und 824 *g* Wasserdampf = 1 *cbm* entstehen. Bei seiner Verbrennung entwickelt das Acetylen 14340 Kalorien Wärme pro Kubikmeter bezw. 12200 Kalorien pro Kilogramm. Beim Erhitzen verwandelt es sich in isomere Kohlenwasserstoffe, d. h. es kondensiert sich zu Kohlenwasserstoffen gleicher prozentualer Zusammensetzung, aber grösserer Dichte, besonders zu Benzol (C_6H_6), Styrol (C_8H_8) u. s. w.

Die Flamme des Acetylens ist absolut weiss, wenn das Gas mindestens technisch rein ist. Unreines Acetylen ergiebt eine schwach rötliche Flamme mit dunklem Saum und starker Russabscheidung unter Polymerisierung namentlich an den Brenneröffnungen. Ein Gehalt an Phosphorwasserstoff veranlasst ausserdem eine trübe Luftzone um die Flamme, die sich mitunter als starker Dunst durch den beleuchteten Raum ausdehnt. Die Temperatur der Flamme, beträgt unvermischt nach den Messungen von Lewes 900—1000° C., während sie Le Chatelier auf 2400° C. berechnet. Das Acetylen entwickelt durchschnittlich eine Leuchtkraft von 1 Normalkerze für je 0,7 *l* Gas, die günstigsten Verhältnisse bieten die Acetylengasflammen von 40—60 Normalkerzen. Der Preis eines Kubikmeter Acetylen bei dem gegenwärtigen Preise von 35 ₰ pro Kilogramm Carbid stellt sich auf 1,17 ℳ.

Die Verflüssigung des Acetylengases geschieht unter einem Druck von 48 Atmosphären bei + 1° C. oder bei 37° unter 68 Atmosphären. 37° ist seine kritische Temperatur, darüber hinaus hört seine Verflüssigung auf. Hierüber wird noch später eingehend berichtet. Das flüssige Acetylen hat ein spezifisches Gewicht von 0,45 bei 0° C.; 1 *cbm* Gas liefert 1,165 *l* flüssiges Acetylen.

Unter »Acetylen« versteht man allgemein Acetylengas, nicht aber flüssiges Acetylen.

Hinsichtlich der Giftigkeit des Acetylens ist erwiesen, dass Acetylen zwar ebenso wie Kohlengas bei dauernder Einatmung den Tod herbeiführt, aber in sehr viel späterer Weise. Die Wirkung wird bei Ausschluss von Sauerstoff beschleunigt. Bei Versuchstieren wurde in den letzten Stadien eine hochgradige Kontraktion der peripheren Gefässe beobachtet, das Blut verlor bei spektroskopischer Prüfung bis zuletzt nicht seine Oxyhämoglobinstreifen.

Die Einwirkung des Acetylens auf Metalle macht sich besonders bei Kupfer und Silber geltend, deren Acetylenverbindungen zum Nachweise des Acetylens dienen. Acetylenkupfer (eine explosible Verbindung von Acetylen mit ammoniakalischer Kupferchlorürlösung) zeigt selbst $^{1}/_{200}$ *mg* Acetylen an, wenn es mit Wasserstoff, und $^{1}/_{100}$ *mg*, wenn es mit Luft gemischt ist. Reines Acetylen ist gegen reines Kupfer vollständig indifferent.

Unter dem Einfluss elektrischer Entladungen kondensiert sich nach Berthelot Acetylen mit grosser Geschwindigkeit, wobei zuerst flüssige, später feste Produkte entstehen, die unter Wärmeentwickelung explodieren, woraus der endothermische Charakter dieser polymeren Verbindungen hervorgeht. Die entstandenen Produkte absorbieren sehr schnell Sauerstoff aus der Luft. Die erfolgende Kondensation des Acetylens vollzieht sich in der Weise, dass nur

2% gasförmige Substanz, bestehend aus 1,8% Wasserstoff, 0,8% Äthylen und 0,08% C_2H_6 übrig bleibt. Bei einer Mischung von Acetylen und Stickstoff zu gleichen Teilen verflüssigt sich das Acetylen ebenso schnell, als ob es frei wäre. Aber wenn man die Kondensationsprodukte in Berührung mit Stickstoff lässt, so wird dies Gas in merklicher Menge absorbiert (100 Teile C_2H_2 absorbierten in 24 Stunden 11,4 Volumteile Stickstoff). Weder Wasserstoff noch gasförmige Kohlenstoffverbindungen bleiben in merklicher Menge übrig.

Mit Stickstoff vereinigt sich Acetylen unter Einwirkung elektrischer Entladungen nach der Gleichung:

$$C_2H_2 + N_2 = 2\,CNH$$

zu Cyanwasserstoff.

Die Einwirkung von Chlor auf Acetylen in Gegenwart oder Abwesenheit von Luft bezw. Sauerstoff hat Mouneyrat studiert.[1]) Es ergiebt sich hieraus, dass eine Menge von Chlor und Acetylen sich im diffusen Licht immer ohne jede Explosionserscheinung verbindet und Acetylentetrachlorid ($C_2H_2Cl_4$) entsteht, wenn kein freier Sauerstoff zugegen ist; ist letzteres jedoch der Fall, so tritt eine heftige Explosion des Gasgemisches ein. Verfasser beschreibt dann ein Verfahren zur gefahrlosen Darstellung von Acetylentetrachlorid. Beim Erhitzen von Acetylentetrachlorid und Aluminiumchlorid auf 120^0 unter Einleiten von Chlor entsteht reichlich Hexachloräthan, (C_2Cl_6).

Die Wirkung des direkten Sonnenlichtes auf Acetylen haben William A. Bone und John Willson untersucht und die erhaltenen Resultate der Chemischen Gesellschaft in London vorgelegt.[2]) Sie füllten Röhren von etwa 100 *ccm* Inhalt unter Atmosphärendruck mit reinem Acetylen und setzten sie zwei Monate lang den direkten Sonnenstrahlen aus. Schon nach einer Belichtung während zweier Tage zeigten sich die Röhren innen mit einem hellbraunen Überzug bedeckt, welcher immer dunkler wurde und schliesslich eine dunkelbraune Färbung annahm. Dass diese Veränderung des Acetylens dem Sonnenlichte zuzuschreiben war, ergab sich unzweifelhaft daraus, dass solche Stellen der Röhre, welche durch Schirme der direkten Belichtung entzogen waren, keinen Niederschlag erkennen liessen. Der Zerfall des Acetylens ist unabhängig von der Gegenwart von Luft, wie die Versuche an Mischungen des Acetylens mit gleichen Teilen von Sauerstoff und Stickstoff ergeben. Mit der Abscheidung war eine geringe Volumenkontraktion des Acetylens verbunden. Das

---

[1]) Bull. de la soc. chim., Paris 1898, 19, 448—454.

[2]) Acetylen in Wiss. u. Ind., 1898, 18, 219.

übrigbleibende Gas schien bei Behandlung mit Schwefelsäure einen dichteren Kohlenwasserstoff zu enthalten, welcher durch rauchende Schwefelsäure absorbiert wurde, vielleicht mit einer geringen Menge Wasserstoff gemischt. Ein gesättigter Kohlenwasserstoff konnte nicht nachgewiesen werden. Der feste Rückstand liess sich von den Wandungen der Röhre durch rauchende Salpetersäure entfernen, ohne dass er sich jedoch in dieser in merklicher Menge löste. Beim Filtrieren blieben gelbe unregelmässige Plättchen übrig, welche in heissem Benzin unlöslich und ohne zu schmelzen oder eine sonstige Veränderung zu erleiden, auf 270° erwärmt werden konnten. Das Säurefiltrat wurde sorgfältig auf Stickstoffderivate des Benzins oder Naphthalins untersucht, indessen ohne Erfolg.

In elektrolytischer Richtung stellten Bredig und Usoff Versuche[1]) an, in der Hoffnung, die bisher vergebens gesuchten Kohlenstoffanionen zu finden. Es ergab sich jedoch, dass das Acetylen jedenfalls ein sehr schwacher Elektrolyt, also auch eine der schwächsten Säuren ist. Demgemäss zeigte sich das freie Acetylen in wässeriger Lösung nicht merklich elektrolytisch gespalten und auf der Grenze stehend zwischen Elektrolyten und Nichtelektrolyten. Das gleiche ergab sich für das Äthylenoxyd. Da sie seine molekulare Leitfähigkeit in wässeriger Lösung bei 25° verschwindend klein gefunden haben, so ist es als schwache Basis zu bezeichnen.

Praktische Anwendung hat das Acetylen bis heute nur in der Beleuchtung gefunden, vielleicht in kaum bemerkenswerter Weise noch zur Herstellung von Russ.[2]) Alle anderen Anwendungsprobleme sind über die Versuche nicht hinaus gelangt.

Die Neigung des Acetylens zur Polymerisierung gab Veranlassung, um es zur Erzeugung von Benzol

$$C_6 H_6 = 3\,(C_2 H_2),$$

ferner als Rohprodukt für Anilinfarbstoffe ins Auge zu fassen. Von diesen Verwendungsarten ist man jedoch abgegangen, da ihnen zunächst noch der zu hohe Preis des Carbids entgegensteht. Letzteres ist hinsichtlich der Verwendung des Acetylens zu motorischen Zwecken der Fall, welches Thema noch eingehend besprochen wird.

Wird in einem geschlossenen Apparat Acetylen mit der entsprechenden Menge einer wässerigen Lösung von Wasserstoffsuperoxyd auf ca. 150° bei 5 Atmosphären Druck erhitzt, so bilden sich bei der Reaktion Graphit und Wasser, so dass ersterer durch einfache Filtration erhalten werden kann. Die Gleichung hierfür ist:

$$C_2 H_2 + H_2 O = C_2 + 2\, H_2 O.$$

---

[1]) Zeitschr. f. Elektrochemie 1896, S. 116.

[2]) Vergl. den Abschnitt: »Die Verbrennung des Acetylens«.

Bergmann[1]) benutzt zur technischen Darstellung von Graphit dieses Verfahren oder geht hierbei von den Carbiden des Calciums, Natriums u. s. w. aus. Im letzteren Falle verläuft der Prozess in der Weise, dass durch die Einwirkung des Wassers auf das Carbid zunächst das Acetylen entwickelt wird, auf welches dann, wie oben angegeben, das Wasserstoffsuperoxyd oxydierend und den Kohlenstoff freimachend einwirkt. Die Reaktion geht nach folgenden beiden Gleichungen vor sich:

$$Ca\,C_2 + 2\,H_2\,O = Ca\,(OH)_2 + C_2\,H_2$$
$$C_2\,H_2 + H_2\,O_2 = C_2 + 2\,H_2\,O.$$

Während bei der Verwendung von Acetylen der Graphit direkt in sofort zu verwendender Form erhalten wird, entsteht, wenn von den Carbiden ausgegangen wird, eine feste Reaktionsmasse, aus der der Graphit durch Lösen mittels Salzsäure oder einer anderen geeigneten Säure und Filtration erhalten wird.

Erdmann[2]) erhielt Graphit auf folgende Weise: Füllt man ein Porzellanschiffchen mit Kupferpulver, bringt es in ein Rohr aus schwer schmelzbarem Glase und leitet reines Acetylen darüber, so genügt ein Erhitzen im Verbrennungsofen bei kleinen Flammen bis zur kaum eben beginnender Rotglut (400—500°), um den Zerfall des Acetylens einzuleiten. Da die Umsetzung aber nur in direktem Kontakt mit dem Metall und bei geeigneter Temperaturregulierung sehr langsam erfolgt, so scheidet sich der Kohlenstoff in krystallisiertem Zustande ab. Das Kupferpulver in dem Schiffchen bedeckt sich mit kleinen, aber äusserst lebhaft glänzenden Krystallen, welche sich bei der mikroskopischen Untersuchuhg als Graphit erweisen.

Von grosser industrieller Wichtigkeit sind die Versuche zur Bildung von Aldehyd aus Acetylen, der Herstellung des Mineralspiritus, dem synthetisch aus Äthylen und Schwefelsäure dargestellten Alkohol. Die Hoffnungen, die von industrieller Seite bis zum Bekanntwerden des Calciumcarbids auf eine technische Verwendung dieser Synthese gesetzt wurden, haben sich nicht erfüllt. Die ältesten Versuche nach dieser Richtung datieren bereits aus den fünfziger Jahren.[3]) Später hat Kutscheroff[4]) die Versuche wieder aufgenommen, indem er Acetylen durch Quecksilberchloridlösung leitete, den entstehenden Niederschlag mit Salzsäure behandelte und

---

[1]) D. R.-P., Nr. 96427.

[2]) Das Acetylen, 1898, S. 72.

[3]) Nach Erdmann: Wagners Jahresberichte der chem. Technologie, 1856, 2, 245; 1859, 5, 399, 413; 1862, 8, 447; 1863, 9, 539.

[4]) Berichte d. d. chem. Gesellschaft, 1884, XVII., 13.

den entstehenden Aldehyd durch Reduktion in Alkohol überführte. Krueger und Pueckert[1]) schlugen Acetylen durch Sublimatlösung nieder, erwärmten die Füllung mit Salzsäure auf dem Wasserbade und reduzierten Aldehyd zu Alkohol. Eine praktische Anwendung fanden diese Methoden nicht.

Einen aussichtsvollen Weg schlug Erdmann ein. Er ging von dem Gedanken aus, dass die Darstellung von Acetaldehyd aus Acetylen durch einfache Wasseraddition eher auf Erfolg rechnen kann, da der Aldehyd bisher aus dem Alkohol dargestellt und infolgedessen natürlich höher bewertet wird. Im Laufe eines beachtenswerten Vortrages[2]) vor dem »Calciumcarbid- und Acetylengas-Verein« teilte er u. a. auch dieses Verfahren mit: Wenn man Acetylen durch eine heisse Mischung von 1 Volum Wasser mit 2 Volumen Schwefelsäure leitet, so entwickelt sich Krotonaldehyd; mischt man 3 Volumen Schwefelsäure mit 7 Volumen Wasser, dann bildet sich Acetaldehyd; setzt man etwas Quecksilberoxyd zu der Mischung, so gestaltet sich die kontinuierliche Bildung von Aldehyd noch günstiger. Einer Mischung von 90 *ccm* konzentrierter Schwefelsäure und 210 *ccm* Wasser wurden 20 *g* Quecksilberoxyd zugesetzt und durch die kochende Lösung Acetylen geleitet. Der Kolben mit dieser Lösung wurde mit Rückflusskühler versehen, an dem sich senkrecht ein mit Wasser von 0° gespeister Kühler anschloss, der seinerseits mit einem Fraktionierkolben in Kältemischung verbunden war zur Aufnahme des bei 20,8° siedenden Aldehyds. Dem Fraktionierkolben schlossen sich noch zwei ebenfalls gekühlte Waschflaschen mit Wasser an, um nicht verdichteten Aldehyd aufzunehmen. Reiner Aldehyd kondensierte sich nicht, wohl aber zeigten die wässerigen Lösungen, mit Natronlauge gekocht, deutlich die Bildung von Aldehydharz. Durch Titration mit Phenylhydrazin wurde die Ausbeute bestimmt; es wurden erhalten: aus 125 *g* von 95%igem Calciumcarbid 80 *ccm* 5%ige Aldehydlösung. Das nicht in Aldehyd umgewandelte Acetylen kann natürlich wiedergewonnen werden. Der Versuch wurde mit 150 *ccm* Phosphorsäure vom spezifischen Gewicht 1,15 und 15 *g* Quecksilberoxyd wiederholt; die Ausbeute ist ähnlich, aber der gewonnene Acetaldehyd scheint reiner zu sein.

Die Versuche, das Acetylen als Karburationsmittel an Stelle von Benzol zu benutzen, sind ebenso wie die Anwendung des Acetylens für Mischgas besonders besprochen. Schliesslich sei noch der Vollständigkeit bemerkt, dass Acetylen mit oxydierenden Körpern Oxalsäure, Essigsäure und Ameisensäure ergiebt.

---

[1]) Chem. Industrie, 1895, 226.

[2]) Das Acetylen (»Zur Chemie des Acetylens«), 1898, 10, 71.

Die Apparate zur Entwickelung des Acetylens.

Nachdem nun im vorstehenden eine Charakteristik des Acetylens entworfen wurde, sollen zunächst die Apparate beschrieben werden, die zur Umwandlung des Calciumcarbids in Acetylen erforderlich sind. Diese Apparate setzen sich aus sechs Systemen zusammen:

1. Das Wasser tropft oder fliesst in einem feinen Strahle auf das Carbid (Tropfapparate).

2. Das Carbid wird in das Wasser getaucht und sofort nach der Gasentwickelung durch das aufsteigende Gas wieder aus demselben entfernt (Tauchapparate).

3. Das Wasser tritt von unten an das Carbid heran, bespült dasselbe und wird durch das entwickelte Gas wieder von dem Carbid weggedrängt (Spülapparate).

4. Das Wasser tritt von oben oder von unten in einzelne Carbidbehälter vollständig ein und überschwemmt dieselben unter Gasentwickelung (Überschwemm- oder Überlaufapparate).

5. Es werden einzelne Behälter mit Carbid vollständig in das Wasser versenkt (Ersäufapparate).

6. Das Carbid wird in einzelnen Portionen ins Wasser geworfen (Einwurf- oder Einfallapparate).

Nach Art der Bethätigung sind zu unterscheiden: a) automatisch und b) von Hand bethätigte Apparate.

Die automatischen Apparate kann man wieder einteilen: I) in solche, deren Betrieb durch Beeinflussung des Gasbehälters (Steigen und Sinken der Gasbehälterglocke) erfolgt (Kompensationsapparate), und II) in solche, die durch abwechselnde Niveauveränderung zweier kommunizierender Wassermassen betrieben werden (Differentialapparate).

Ferner ist ein Unterschied zu machen zwischen: A) solchen Apparaten, deren Betriebe durch den Auftrieb des Acetylens geschieht, und B) solchen, wo dies durch Kompression und Expansion des Acetylens erfolgt.

Endlich sind die Apparate in solche mit und ohne besonderes Gasreservoir zu kategorisieren.

Die ersten und ältesten Apparate waren diejenigen der Klasse 1 und 2, d. h. Tropf- und Tauchapparate. Die Tropfapparate hatten sich in der ersten Zeit ausserordentlicher Beliebtheit zu erfreuen und fanden Verbreitung, soweit Acetylen festen Fuss fassen konnte. Die Einfachheit des Systems veranlasste die Mehrzahl der Konstrukteure, diese Apparate besonders zu bevorzugen. Erst nach und nach erlangte man die Überzeugung, dass die Vorgänge in den

Tropfapparaten bei der Umsetzung von Carbid in Acetylen infolge der starken Nachentwickelung, der Temperaturerhöhung u. s. w. nicht unbedenklich sind und namentlich auch ein erheblicher Verlust an Carbid bei der Verwendung dieser Apparate zu beobachten war. Derselbe trat dadurch ein, dass dem Wasser nicht genügend Zeit gegeben werden konnte, die gesamte Carbidmasse zu durchdringen, ohne die Acetylenproduktion erheblich verlangsamen zu müssen. Lässt man anderenfalls das Wasser genügend auf das Carbid wirken, so wird sich alles entwickelte Acetylen aus dem Kalkschlamm nicht frei machen können und hierdurch ein Verlust bedingt sein. Selbst wenn diese Fälle auch nicht eintreten, wird demnach der Tropfapparat insofern wirtschaftlich ungünstig durch die starke, unvermeidliche Nachgasung beeinflusst, als sich hierdurch Gasbehälter von solcher Grösse nötig machen, wie sie sonst nicht erforderlich wären.

Die Tropfapparate sind jedoch noch in anderer Beziehung zu betrachten. Bekanntlich ist die Reaktion des Wassers auf das Carbid von einer starken Temperaturerhöhung begleitet. Die Verhältnisse, unter welchen diese Reaktion eintritt, können sich ändern, je nachdem sie in einem geschlossenen Gefäss und mit bedeutendem Druck oder in Entwicklern stattfindet, welche das Freiwerden bei niederem Druck des Gases und der Wasserdämpfe gestatten.

In ersterem Fall wird das Freiwerden der Wärme durch den entstehenden hohen Druck und durch den Verbrauch der Dämpfe begünstigt, welche nicht frei werden können. Wenn die Reaktion schnell eintritt und auf bedeutende Carbidmengen sich erstreckt, kann eine Explosion entstehen, sie ist sogar fast unvermeidlich. Im zweiten Falle wird das Freiwerden der Wärme durch verschiedene Einflüsse behindert: 1. durch die Trennung der durch die Reaktion gebildeten Wasserelemente; 2. durch den Durchgang eines Teiles des auf das Carbid fallenden Wassers im Zustand des Dampfes; 3. durch äussere Ursachen: Abkühlung, hervorgerufen durch die benutzten Kühlapparate oder einfach durch die äussere Luft. Wir glauben, dass es unmöglich ist, eine gefahrbringende Temperaturerhöhung zu konstatieren, wenn die Wasserdämpfe sich frei machen können und der Druck niedrig ist.

Das auf das Carbid fallende Wasser kann sicherlich starke Temperaturerhöhungen erzeugen. Aber die zersetzte und von Wasser durchdrungene Carbidmasse, welche mit dem nicht angegriffenen Carbid in Berührung bleibt und sich den anderen Ursachen der oben angegebenen Abkühlung beifügt, müssen das Entstehen gefährlicher Temperaturen verhindern. Die Temperaturerhöhungen können

verursacht werden: 1. durch Abwesenheit des äusseren Kühlapparats; 2. durch Einsaugen von Wasserdämpfen, welche der direkten Reaktionstemperatur diejenige hinzufügen, die bei ihrem Durchgang durch die Carbidmasse entsteht; 3. durch die Einrichtung des Apparates, falls diese eine derartige ist, dass das zersetzte Carbid stets trocken bleibt und je nach seiner Zersetzung ausserhalb des Korbes zerfällt, wo die Reaktion eintritt.

Wenn die Wasserdämpfe sich über dem angegriffenen Carbid frei machen können, was stattfindet, wenn das Wasser auf den oberen Teil der Carbidmasse gefallen und die Temperatur nicht hoch genug ist, um die Bildung gefährlicher Temperaturen zu verursachen, und wenn die Reaktion in einem stark abgekühlten Mittelpunkt eintritt, bleibt die Temperatur verhältnismässig sehr niedrig, besonders wenn die Calciumcarbidmasse in kleine, sich untereinander berührende Stücke zerfallen ist. Eine Explosion scheint uns nur möglich, wenn man die Reaktion auf eine grosse Menge Calciumcarbid in einem geschlossenen Entwicklern, wo der Druck sehr bedeutend werden kann, einwirken lässt.

Zwar geht die Reaktion nach der Gleichung

$$CaC_2 + H_2O = CaO + C_2H_2$$

vor sich, die sich nach der Gleichung

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$

durch die Reaktion des bei der ersten Reaktion gebildeten Calciumoxyds auf Wasser unter Entstehung von Calciumhydroxyd fortsetzt, sodass der ganze Vorgang durch die Gleichung

$$CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$$

ausgedrückt werden kann, aber die durch diese Reaktion hervorgerufene Wärme in dem Entwickler wird zu einem grossen Teile durch äussere Luft absorbiert und ferner setzt sich ein erheblicher Teil mit überschüssigem Speisewasser in Dampf um, der entweder mit dem Gase fortgerissen wird oder der sich nach genügender Kühlung des Entwicklerraumes in diesem kondensiert.

Dieser letztere Fall bewirkt eine fernere Nachentwickelung von Acetylen, solange noch Carbid vorhanden ist, und gleichzeitig eine neue Wärmebildung durch das Einwirken des kondensierten Dampfes auf das Carbid. Es kann nicht als ein Irrtum der Fabrikanten von Tropfapparaten bezeichnet werden, wenn sie sagen, dass nach der Abstellung des Wasserzuflusses die Gasentwickelung aufhört, sondern diese Behauptung kann nur als Täuschung über den wahren Vorgang in den Tropfapparaten gedeutet werden. Jeder Fabrikant weiss und muss es wissen, dass die Nachentwickelung in den Tropfapparaten nach Abstellung des Wasserzuflusses noch nach Stunden wahrnehmbar

ist, bis sie nach und nach immer schwächer wird und schliesslich ganz aufhört.

Diese Fortsetzung der Entwickelung ist also, wie oben ausgeführt, teilweise der Kondensation des Wasserdampfes auf das unzersetzte Carbid, als auch den Entwicklerkühlungen und der Zersetzung des Wassers, das mechanisch durch den gelöschten Kalk gebunden ist, zuzuschreiben, während bei sehr hoher Temperatur der gelöschte Kalk von selbst entwässert wird und nach der Gleichung: $Ca(OH)_2 + CaC_2 = 2\,CaO + C_2H_2$ eine Fortsetzung der Gaserzeugung, die schon erwähnte Nachentwicklung stattfindet. In einigen Fällen beobachtete Lewes[1]) bei den Tropfapparaten die Bildung von Teer als Begleiterscheinung der Gasentwickelung, häufiger jedoch wurde das Entstehen von Benzol konstatiert; die Temperatur war also in dem Entwickler eine sehr hohe. Bei der Zersetzung von 227 *g* Carbid durch Zufliessen von 330 *ccm* Wasser während 40 Minuten wurde folgender Verlauf der Temperaturveränderung gemessen:

Minute	Temp.°C.	Minute	Temp.°C.	Minute	Temp.°C.
1	—	21	630	41	417
2	97	22	623	42	418
3	154	23	625	43	417
4	168	24	623	44	415
5	182	25	619	45	418
6	204	26	616	46	417
7	209	27	600	47	420
8	218	28	580	48	425
9	223	29	580	49	423
10	244	30	572	50	421
11	250	31	558	51	417
12	265	32	554	52	414
13	284	33	553	53	402
14	290	34	551	54	398
15	317	35	530	55	390
16	452	36	508	56	387
17	616	37	497	57	383
18	648	38	470	58	375
19	674 Max.	39	430	59	373
20	644	40	393	60	373

Das Maximum erreichte also hier die Temperatur bei 674° C. Dasselbe variierte bei den übrigen Versuchen zwischen 400 und 700° C.

---

[1]) Journal of the Society of Chemical Industry, XVII, 532, und Journ. f. Gasbeleucht. und Wasserversorg., 1898, Heft 30, 31, 32.

und es ist wahrscheinlich, dass in einzelnen Teilen der Reaktionsmasse die höhere Temperatur fast stets erreicht wird.

Caro[1]) hat festgestellt, dass die Temperatur in dem Entwickler eines 5flammigen Tropfapparates imstande war, bei 120° schmelzende Plomben zu schmelzen und bei 216° und 240° schmelzende Plomben anzuschmelzen, d. h. die eingeprägten Nummern waren zusammengelaufen. Die mittels eines Maximalthermometers gemessenen Temperaturen des Gases im Entwickler erreichten bei den Versuchen in zwei Fällen ca. 160°; für gewöhnlich betrugen sie 60—110°.

Durch diese Vorgänge ist bei dieser Art der Acetylenentwickelung an einen normalen Gang derselben kaum zu denken und man suchte eifrig nach Mitteln, um die Schwankungen in der Geschwindigkeit der Gaserzeugung nach Möglichkeit zu reduzieren. Man schlug zunächst Salzlösungen für das Entwickelungswasser vor, sodann Glyzerin, Aceton, Amylalkohol u. s. w. und schliesslich imprägnierte man das Carbid mit Stearin, Paraffin, Öl, Zucker oder zuckerhaltigen Stoffen.

Wolff hat in dieser Beziehung eine Reihe beachtenswerter Untersuchungen angestellt,[2]) in deren Verlauf er zu dem Resultat kam, dass alle diese Mittel in einigen Fällen die Geschwindigkeit der Entwickelung wohl verlangsamen, aber niemals die praktisch notwendige Regulierung bewirken, ganz abgesehen davon, dass die Verwendung solcher Mittel die Beleuchtung verteuern. So wäre fast das dreifache Quantum Zucker des zu zersetzenden Carbids nötig, um ein leicht lösliches Saccharat zu bilden, und zwar beispielsweise für 64 *g* Carbid das 56 *g* Kalkrückstand ergiebt, 171 *g* Zucker. Die Zersetzung von 20 *g* Carbid, mit Zucker überzogen durch Wasser von 20° C. Wärme dauerte zwar 30 Minuten gegenüber 17 Minuten bei nichtpräpariertem Carbid, aber die Entwickelung war sprunghaft und ganz unregelmässig. Eine 30% Salzlösung wirkte wie heisses Wasser: langsame, aber unregelmässige Entwicklung. Bei der Zersetzung von 20 *g* Carbid durch eine Mischung von Wasser mit 30% Aceton wurde eine starke Drucksteigerung konstatiert und ausserdem verdampfte das bei 56° C. siedende Aceton in der Reaktionswärme vollkommen, wodurch die Intensität und Farbe der Flamme beeinträchtigt wird. Methylalkohol, Äthylalkohol, Äther u. s. w. dürften ebenso schlechte Resultate ergeben.

Lewes weist auf die Farbe des in den Entwicklern zurückgelassenen Kalkes hin, die ein ungefährer Maassstab für die Stärke der Erhitzung ist. Der Kalk würde in gewöhnlichen Fällen weiss

---

[1]) Zeitschr. f. Beleuchtungswesen 1898, 10, 34.

[2]) Acetylen in Wiss. u. Ind., 1898, Heft 1 u. 2.

sein, wird er aber gelb befunden, so hat zweifellos eine grosse Überhitzung stattgefunden, während die Anwesenheit von öligen Stoffen oder Teer in einem Teile des Apparates ein noch grösserer Beweis hoher Wärmeentwickelung und schlechter Konstruktion des Apparates ist. Auch ist zu bedenken, dass solche hohe Temperaturen vorhandenes Cyancalcium und Stickstoffaluminium zersetzen.

Bieten die Tropfapparate schon so erhebliche Nachteile, dass deren Anwendung in absehbarer Zeit wohl ganz aufhören wird, so sind die schlimmsten Übelstände durch Überhitzung bei den Tauchapparaten zu finden, wo also das abwechselnde Eintauchen des Carbids in Wasser und seine Entfernung beim Aufsteigen der Glocke die Gasbildung hervorruft, ohne einen Kühlungseinfluss auszuüben; und es kommt häufig vor, dass unter diesen Verhältnissen die ganze Carbidladung glühend wird, Teerdämpfe, Wasserstoff, verschiedene Kohlenwasserstoffe und Benzoldämpfe mit dem Acetylen vermischt werden und die Leuchtkraft des letzteren soweit abnimmt, bis seine lichtgebenden Eigenschaften nicht besser als die von gutem Fettgas sind, und schliesslich die Brennerspitzen verstopft werden.

Wir stehen nicht an, zu betonen, dass die Tauchapparate noch weniger empfehlenswert sind, wie die Tropfapparate. Allerdings geben wir gern zu, dass ein geübter Konstrukteur und genügende Erfahrung im Acetylenfach die angedeuteten Übelstände vermindern kann, sie aber soweit zu beseitigen, dass diese Apparate den Ansprüchen der heutigen Acetylenindustrie bezw. den Acetylenkonsumenten genügen, dürfte aus den angedeuteten Gründen nicht möglich sein.

Zum Vorteil der Tauchapparate gegenüber den Tropfapparaten wird angeführt, dass bei ersteren das Carbid stets in eine grössere Menge Wasser gelangt und dadurch eine Temperaturerhöhung, die zu Besorgnissen Anlass bieten könnte, vermieden wird. Thatsächlich leuchtet diese Darstellung bei oberflächlicher Beobachtung auch ein, wenn man jedoch den Vorgang der Gasproduktion in den Tauchapparaten eingehender verfolgt, so ersieht man nur zu bald das gänzlich Falsche jener Ansicht. Das Carbid wird in das Wasser getaucht und sofort durch den Auftrieb des entwickelten Gases aus demselben wieder gehoben. Während aber beim Tropfapparat nur kleine Mengen Wasser mit kleinen Stellen der Carbidmasse in Berührung kommen, werden bei den Tauchapparaten stets grosse Mengen Carbid mit einer grossen Wassermasse in momentane Verbindung gebracht. Es geschieht nun auf diese Weise keineswegs eine Verminderung der Wärmebildung in dem Entwickler, sondern dieselbe findet thatsächlich in viel grösserem Maasse und viel schneller statt, als es bei Tropfapparaten der Fall ist. Wir haben bei Tauchapparaten faktisch die Nachteile der Tropfapparate in denkbar

schärfster Ausbildung vor uns, und es ist sehr erklärlich, dass Caro[1]) bei seinen Versuchen Temperaturen von 260° in den Entwicklern der Tauchapparate konstatierte.

Durch die Erhöhung der Temperatur, die noch dazu äusserst rapid von statten geht, wird die Gefahr in den Entwicklern der Tauchapparate im gleichen Verhältnis vermehrt. Caro wies hierbei auf einen merkwürdigen Umstand hin, der Grund bietet, um die Tauchapparate als zweifellos sehr nachteilig erkennen zu lassen. Er beobachtete nämlich im ersten Moment der Gasentwickelung im Tauchapparat, dass er stets Gase mit $^1/_2$% des gefährlichen Phosphorwasserstoffes (PH_3) erhielt. Ja, in einem Falle erhielt er aus einem Carbid, das im Durchschnitt Gas mit 0,038% Phosphorwasserstoff ergab, in dem Tauchapparat Acetylen, in dem er 0,8% Phosphorwasserstoff fand. Er glaubt deshalb, dass das angesaugte Wasser im ersten Moment vorzugsweise neben Acetylen aus Carbid noch Phosphorwasserstoff aus Calciumphosphid entwickelt.

Diese Beobachtung veranlasste uns, Versuche in gleicher Richtung anzustellen und wir fanden in der That die Richtigkeit der Mitteilung Caros bestätigt. Nur konnten wir bei in Tauchapparaten aus dem üblichen Handelscarbid gewonnenem Acetylen Mengen von 0,8% Phosphorwasserstoff nicht konstatieren, wohl aber 0,6% mehrfach.

Dieser auffallende Übelstand zeigte sich jedoch nicht allein bei den Tauchapparaten, sondern auch bei denjenigen, bei denen das Wasser von unten an das Carbid gelangt und durch das entwickelte Gas sofort wieder von dem Carbid fortgedrängt wird. Wir kamen zu der Überzeugung, dass solche Apparate, bei denen also durch zwei kommunizierende Wassermassen das Carbid je nach dem vorhandenen Gasdruck angegriffen wird, womöglich noch nachteiliger wirken können, wie die Tauchapparate, da die letzteren immerhin den Vorteil allereinfachster Konstruktion für sich haben. In den Apparaten, bei denen das Carbid abwechselnd von unten bespült wird, die man also kurz als Spülapparate bezeichnen kann, wurde wiederholt ganz deutlich Zersetzung des Acetylens beobachtet und hieraus geht hervor, dass die Temperatur in diesen Apparaten höher war, wie in allen anderen. Das Maximum der Temperatur lag bei 704° in einzelnen Fällen bei 803°, in der Regel aber niemals unter 600° C. Die Zersetzung des Acetylens war von teerigen Produkten begleitet. Eine Gasprobe hatte die Zusammensetzung:

Acetylen	70 %
Gesättigte Kohlenwasserstoffe . . .	11,3 »
Wasserstoff	18,7 »

---

[1]) Zeitschr. f. Beleuchtungswesen 1898, 10, 34.

Es ist deshalb erklärlich, dass gerade diese Apparate starkes Russen und Verstopfen von Brennern verursachen, denn die teerigen Bestandteile setzen sich nach und nach in den Brennern fest. Die Nachentwickelung in diesen Apparaten ist keine bedenkliche, falls immer genügend Wasser vorhanden ist, um sofort nach dem Sinken des Gasdruckes wieder zu dem Carbid zu gelangen und auf diese Weise eine vollkommene Zersetzung herbeizuführen. Es wurde von Lewes darauf hingewiesen, dass bei diesen Apparaten eine starke Nachentwickelung durch das Eindringen der bei Zersetzung der unteren Carbidschichten entwickelten Wasserdämpfe in die oberen Carbidschichten erfolgen muss. Obgleich dieser Fall eintritt, so ist dennoch diese Form der Nachentwickelung als harmloser zu betrachten, als z. B. in den Tropfapparten. Die Tauchapparate haben diesen anscheinenden Vorteil mit den Spülapparaten nicht gemeinsam. Denn bei letzteren kann selbst nach vollständiger Füllung des Gasbehälters noch durch das Vordrängen des Speisewassers Raum geschaffen werden, während bei ersteren eine Verdrängung des Speisewassers nicht möglich ist. Die Nachentwickelung ist bei den Tauchapparaten deshalb von allen anderen Systemen die bedenklichste.

Dieser Umstand ist jedoch nicht derart, dass er den gefährlichen Charakter der Spülapparate ermässigen könnte. Der Grund, weshalb wir die Spülapparate den Tauch- und Tropfapparaten weit hintansetzen, ist auf einem anderen Gebiete zu suchen.

Bei den Tropfapparaten hat das entwickelte Gas nichts weiter nötig, als durch Heben der Gasometerglocke sich Raum zu genügender Ausdehnung zu schaffen, bei Tauchapparaten sind die Ansprüche an die Arbeitsleistung des Gases schon grössere, denn hier muss es ferner die Entwicklerglocke, an welcher der Carbidkorb hängt, heben, um den Kontakt des Carbids mit dem Wasser zu unterbrechen und die Gasentwickelung dadurch zu inhibieren. Bei den Spülapparaten tritt an Stelle der Hebung der Entwicklerglocke die Verdrängung des Speisewassers, um auf diese Weise den Kontakt des Carbids mit dem Wasser und dadurch die Gaserzeugung zu unterbrechen. Der Druck des Gases muss also naturgemäss ein höherer sein, als in den vorerwähnten Apparaten und dementsprechend muss auch eine Erhöhung der Temperatur eintreten, die in Verbindung mit der Reaktionstemperatur nicht ungefährlich sein kann und die Zersetzung des Acetylens erklärlich erscheinen lässt.

Will man den erhöhten Druck durch eine geringe Speisewassermenge vermeiden, dass also das Gas vor der Verdrängung des Wassers sich nicht so stark zu komprimieren braucht, so muss man den Nachteil der stärkeren Erhitzung im Innern des Entwicklers

in Kauf nehmen, denn je kleiner die Speisewassermenge, desto geringer die Kühlung, desto grösser die Temperaturentwickelung.

Die Übelstände, welche bei den Tropf-, Tauch- und Spülapparaten auftraten, veranlassten andere Wege zur Entwickelung von Acetylen zu beschreiten. Man wollte jedoch die Vorteile der unzweifelhaften Einfachheit vorgenannter Apparate nicht ohne weiteres aufgeben und gelangte zu dem Ergebnis, dass man abgemessene Quantitäten Carbid zur Erzeugung von Acetylen vorteilhaft verwendet. In Verbindung mit diesem Prinzip entstanden aus den Tropf- und Spülapparaten die Überlauf-, Überschwemm- und Ersäufapparate, wie sie in grösserer Anzahl in Anwendung sind und sich gut bewähren. Es wird bei diesen Apparaten jedesmal eine bestimmte, abgemessene Quantität Carbid von Wasser überschwemmt (ersäuft).

Man erreicht dies dadurch, dass das Carbid in einzelnen, gleich grossen Behältern aufgestapelt bezw. eingefüllt wird und das Wasser in einer solchen Menge der Reihe nach in jeden Behälter geleitet wird, dass das in diesem enthaltene Carbid vollständig unter Abscheidung des Kalkrückstandes in Acetylen übergeführt wird. Ob das Wasser von unten oder von oben in den Behälter tritt, ist für die Wirkung in diesem Falle gleichgültig; die Hauptsache ist, dass dies stets in so grosser Menge geschieht, dass nicht nur das Carbid vollkommen ersäuft wird, sondern auch noch so viel Wasserüberschuss vorhanden ist, dass er zu einer mässigen Kühlung des Gases und des Kalkrückstandes ausreicht.

Je kleiner die aufzulösenden Carbidmengen sind, desto besser wird die Wärmeentwickelung eingedämmt werden können, desto lebhafter wird aber auch die Thätigkeit des Apparates sein müssen um stets genügend Gas zu produzieren. Bei ausreichendem Wasserüberschuss konnten wir bei solchen Apparaten eine Wärmeentwickelung, die zu irgend welchen Bedenken Veranlassung geboten hätte, niemals konstatieren. Der Entwickler eines 30 flammigen Überlaufapparates blieb aussen vollständig kalt und das in den ausgelösten Behältern befindliche Wasser hatte nach der Reaktion niemals mehr als 50° R., sehr häufig aber nur 25 — 30° R., also gewöhnliche Handwärme. Jedoch ist bei dieser Klasse von Apparaten wohl zu unterscheiden zwischen denjenigen, bei denen das Wasser aus einem ausgebrauchten Carbidbehälter in den nächstliegenden fliesst, und solchen, wo das Reaktionswasser stets den Carbidbehälter plötzlich umgiebt und auch nicht mehr verlässt.

Bei den ersteren Apparaten geschieht die Entwickelung dadurch, dass die Carbidbehälter staffelförmig übereinander angebracht sind und das Wasser erst in den obersten Behälter fliesst, dort das Carbid zersetzt und sodann über den Rand des ausgebrauchten Behälters

nach dem nächsten, etwas tiefer liegenden Behälter fliesst, wo sich das Spiel wiederholt. Diese Apparate haben teilweise die Nachteile der Tropfapparate, da das Überlaufen des Wassers aus dem gefüllten Behälter und das Überschwemmen des Carbids nicht plötzlich, sondern nach und nach erfolgt, wodurch Temperaturentwickelungen, wie in Tropfapparaten nahe liegen. Ihr Vorteil vor den Tropfapparaten besteht in dem rationellen Verbrauch des Carbids und in der geringen oder ganz vermiedenen Nachentwickelung. Diese Vorteile allein genügen schon, um diese Art der Acetylenentwickler allen vorher genannten Systemen überlegen zu machen. Mit diesen staffel- oder treppenförmigen Entwicklern haben wir es übrigens mit alten Bekannten aus der Elektrotechnik zu thun, indem eine Anzahl galvanischer Säulen ältester Konstruktion genau dasselbe Prinzip der Bethätigung zeigen. Wir erinnern nur an die Säule von Chutaux und Camacho, die denselben Kunstgriff anwendeten, um die Regeneration der einzelnen Elemente automatisch zu bewerkstelligen und die Säuren aus den höher stehenden in das nächste tiefere Gefäss bezw. Element nachtröpfeln zu lassen.

Diese Art der galvanischen Säulen verbesserten bekanntlich Thomson und Bottamley dadurch, dass sie die einzelnen Elemente vertikal übereinander anordneten. Genau dieselbe Entwickelung nahmen die in Rede stehenden Acetylenentwickler, denn auch sie verbesserte man in der Weise, dass man die Carbidbehälter vertikal übereinander stellte. Man verliess aber gleichzeitig die vorbeschriebene Art der Wasserzuführung und liess das Wasser von unten her mit einem Male einen Carbidbehälter überschwemmen.

Nach dieser Zersetzung des in dem Behälter befindlichen Carbids, trat aber das Wasser nicht zurück, sondern es behielt sein Niveau inne, um, wenn das Gas verbraucht und der Wasserzufluss wieder eingeschaltet war, weiter zu steigen, in den nächsten Carbidbehälter einzudringen u. s. f. Das Carbid wird hierbei also nicht, wie bei der staffelförmigen Anordnung der Carbidbehälter langsam, je nach der Menge des Überlaufwassers, angegriffen, sondern der Angriff des Carbids erfolgt viel energischer. Es tritt dadurch auch eine kräftigere Reaktion ein, aber die hierbei entwickelte Wärme wird durch das nachdrängende Wasser rasch kompensiert.

Zwei Nachteile gegenüber der staffel- oder treppenförmigen Anordnung der Carbidbehälter hat jedoch diese Art der Anordnung — das ist eine plötzlichere Gasentwickelung und vor allem eine anhaltende Nachentwickelung. Die erwähnten Nachteile haben diese Apparate mit den Spülapparaten gemein, wenn auch in weit geringerem Maasse. Dort bleibt die gesamte Masse des Carbids feucht, bis sie nach und nach vollkommen zersetzt ist, infolgedessen bis zu

diesem Zeitpunkt auch eine heftige Nachentwickelung des angegriffenen Carbids stattfindet, wenn das Wasser wieder von demselben weggedrängt wurde. Bei den letztbeschriebenen Entwicklern tritt derselbe Fall in verminderter Weise ein. Nicht allein, dass das Wasser wie bei jenen Apparaten die Luft im Innern des Entwicklers mit Feuchtigkeit sättigt, die sich dem noch nicht angegriffenen Carbid mitteilt und Nachentwickelung veranlasst, so wird auch der bei der Reaktion der unteren Carbidmengen sich entwickelnde Wasserdampf in die darüber befindlichen Carbidbehälter treten und die Nachentwickelung vermehren. Diese Nachteile der vorerwähnten Lagerung der Carbidmengen sind aber nicht so erheblich, dass diese Art der Acetylendarstellung zu verwerfen wäre. Bei wohldurchdachter Konstruktion solcher Entwickler werden die angedeuteten Nachteile sowohl bei staffel- bezw. treppenförmiger, als auch bei etagenförmiger, also vertikaler Übereinanderstellung der Carbidbehälter auf ein Minimum zu beschränken sein.

Da auf vorbeschriebene Weise die Einwirkung des Wasserdampfes auf das stark hygroskopische Carbid immerhin nur bis zu einer bestimmten Grenze zu vermeiden ist, so gelangte man auf dem beschrittenen Wege dazu, einzelne Behälter mit Carbid in das Wasser zu versenken, das Carbid also zu ersäufen.

Man hatte hierdurch die Nachentwickelung, eine bedenkliche Wärmebildung und die Erzeugung von grossen Mengen Wasserdampf vollständig vermieden; die plötzliche Erzeugung grösserer Gasmengen, je nach der Grösse der zersetzten Carbidmenge, war allerdings nicht zu umgehen, aber bei Vorhandensein eines genügend grossen Gasometers waren hiermit keinerlei Bedenken verknüpft. Man wandte gegen diese Entwickler ein, dass dadurch, dass das entwickelte Acetylen, ehe es in den freien Entwicklerraum gelangt, die ganze Masse des Wassers durchstreichen muss, viel Wasserteilchen mitgerissen werden und deshalb eine erhebliche Kondensation in den Leitungen und eine energischere Trocknung unumgänglich sei. Der erste Punkt dieses Einwandes wird durch den zweiten aufgehoben und dieser wieder durch das Selbstverständliche der Trockeneinrichtung bei jedem Apparat. Augenscheinlich war man bei der Konstruktion dieser Ersäufapparate von dem System der Einwurfapparate, die zu gleicher Zeit bekannt wurden, ausgegangen.

Die Einwurfapparate wären, falls es möglich wäre, ganz bestimmt abgemessene Portionen Carbid ins Wasser fallen zu lassen, die eigentlichen Idealapparate. In ihrer konstruktiven Ausführung wie bisher, sind sie jedoch von diesem Ziel noch weit entfernt. Es mag sein, dass die unregelmässige Form der Carbidstücke eine Funktion im obigen Sinne nicht zulässt, aber immerhin kann man

sich in diesen Apparaten dem angedeuteten Punkte der Vollkommenheit sehr stark nähern, wenn die konstruktive Durcharbeitung auf Grund der nötigen Erfahrung erfolgt. Wirklich gute automatische Apparate nach diesem System sind nur verschwindend vorhanden. Der Einwurf des Carbids erfolgt entweder durch automatisches Öffnen einzelner Carbidbehälter, die hierauf ihren Inhalt in den Wasserbehälter entleeren, oder durch Beförderung kleiner Carbidmengen aus einem länglichen Behälter mittels Transportband oder Schnecke ins Wasser, oder das Carbid befindet sich in einem trichterförmigen Behälter dessen Fallklappe durch einen Schwimmer je nach dem Wasserstande geöffnet oder geschlossen wird. Die Apparate mit der erstgenannten Bethätigung der Beschickung führten den Carbideinwurf ein, später folgten dann die Apparate der letzteren Art Beschickung.

Wir können die automatischen Einwurfapparate deshalb in solche mit vollständigem und solche mit teilweisem Carbideinwurf unterscheiden. Bei einigem Eingehen auf die Konstruktion und namentlich auf die Vorgänge im Entwickler wird man ohne weiteres den Apparaten, bei denen abgemessene Portionen Carbid ins Wasser fallen, den Vorzug vor den der zweiten und dritten Art geben. Bei dem Einwurf des Carbids in einen grossen Überschuss Wasser erfolgt nur eine kaum merkliche Wärmebildung, weshalb die lästigen Begleiterscheinungen hoher Temperaturen bei dieser Acetylenentwickelung vollständig in Wegfall kommen. Auch die hierbei entstehende Menge von Wasserdämpfen ist sehr gering, sofern genügend Speisewasser vorhanden ist, und ein fernerer nicht zu unterschätzender Vorteil dieser Apparate besteht darin, dass das entwickelte Acetylen bei dem Durchstreichen durch das Speisewasser schon teilweise gereinigt wird. Vor allem wird das Ammoniak durch das überschüssige Wasser im Entwickler fast vollständig zurückgehalten und Cyancalcium und Stickstoffaluminium werden bei der in diesen Entwicklern herrschenden Temperaturen nicht zersetzt.

Auf die Vorteile und Nachteile der verschiedenen Apparatsysteme mit Bezug auf die erforderliche Reinigung gehen wir in dem Kapitel »Die Verunreinigungen des Acetylens und deren Beseitigung« besonders ein.

Eine Nachentwickelung von Acetylen findet bei den Einwurfapparaten nur in geringem Maase statt, weshalb sie auch in dieser Beziehung von Vorteil sind. Die geringe Nachgasung entsteht durch Eindringen der Wasserdämpfe in die Carbidbehälter.

Dass die Beschickung in abgemessenen Portionen, wie schon erwähnt, empfehlenswerter ist, als das Einfallen eines Teiles einer grösseren Carbidmenge, geht auch aus der Art der verschiedenen Verschlüsse hervor. Im ersteren Falle wird der nach unten sich

öffnende Boden der einzelnen Carbidbehälter einen immerhin ziemlich dichten Abschluss der Carbidbehälter ermöglichen, während die zweite Art der Beschickung ein unumgängliches häufiges Klemmen der Fallklappe herbeiführt. Die Carbidstücke werden sich oft zwischen Klappe und Behälterrand legen und dadurch nicht allein eine starke Zersetzung des Carbids schon vor dem Einfall ermöglichen, sondern es werden dadurch auch bald grössere, bald kleinere Mengen Carbid in das Reaktionswasser gelangen. Die Funktion dieser Apparate muss also notgedrungen hierunter leiden, wie wir auch durch längere, eingehende Versuche speziell mit diesem System der Entwickler feststellen konnten. Wir kamen immer wieder zu erneuter Überzeugung, dass bei automatischen Einwurfapparaten die Beschickung nach der ersteren Art, also jedesmalige vollständige Entleerung einzelner Carbidkammern, am rationellsten ist. Doch auch hier kann man nicht ohne weiteres jeden beliebigen Mechanismus wählen. Es ist z. B. unter dieser Art der automatischen Einwurfsapparate folgende Art der Bethätigung sehr beliebt: Der Entwickler hat die Form eines Rades, zwischen dessen Speichen das Carbid lagert. Zu beiden Seiten wird das Rad natürlich verschlossen und nun vertikal oder horizontal aufgestellt. Bei der vertikalen Anordnung erhalten die Speichenzwischenräume an der Peripherie des Rades Klappenverschlüsse, die beim Drehen des Rades sich nach unten öffnen und das Carbid in das Wasser fallen lassen. Bei horizontaler Anordnung des Rades werden die Speichenzwischenräume unten durch Fallklappen verschlossen und entleeren sich gleichfalls beim Drehen des Rades. Der Effekt ist in beiden Fällen derselbe; die Auffüllung ist bei der ersteren Konstruktion umständlicher aber die Funktion des Rades ist einfacher zu bewerkstelligen, wie bei horizontaler Anordnung. Wir fanden jedoch schon nach ganz kurzer Zeit bei solchen Entwicklern ein Verstopfen der Klappenscharniere durch zersetzte Carbidteilchen und dadurch hervorgerufenes mehrfaches Versagen der Klappen. Es empfahl sich daher, die Scharniere mit dem Carbid nicht in Berührung zu bringen. Im Vorteil gegenüber denjenigen Einwurfapparaten, bei denen nur immer Teile einer Carbidmenge ins Wasser fallen, sind auch diese Entwickler deshalb, weil der Bewegungsmechanismus nach aussen verlegt werden kann, während er bei ersteren Apparaten sich innen im Entwickler befindet, wo alle Teile der Feuchtigkeit ununterbrochen ausgesetzt sind. Dass dadurch nicht allein leicht infolge Einrostens Betriebsstörungen vorkommen können, sondern dass die Behebung derselben umständlich ist, ist erklärlich. Eine fernere Beschickungsmethode dieser Entwickler besteht darin, dass das Carbid durch eine Transportschnecke bekannter Konstruktion je nach Bedarf automatisch in das Wasser

befördert wird. Da hier das Carbid vollständig offen den aufsteigenden Wasserdämpfen ausgesetzt ist, so tritt bei dieser Einrichtung ein vorzeitiger Angriff des in der Transportschnecke befindlichen Carbids schneller und in stärkerem Maasse ein, als bei den vorher erwähnten Beschickungen. Auch haben wir die Erfahrung gemacht, dass sich zwischen der Schnecke und der Laufrinne Carbidstücke einklemmten und dadurch zu Betriebsstörungen Anlass gaben.

Aus diesen Darlegungen ist zu entnehmen, dass die Art des Verschlusses der Carbidbehälter bei Einwurfapparaten wesentlichen Einfluss auf die gute Funktion der Apparate hat. Da die konstruktive Durchführung solcher zufriedenstellender Verschlüsse aus den oben auseinandergesetzten Gründen mit erheblichen Schwierigkeiten verknüpft ist, suchte man die automatische Beschickung durch Handbeschickung zu ersetzen, und gerade dieses System der Entwickler hat die Frage: automatischer oder Handbetrieb, lebhaft in Fluss gebracht. Die Erfolge, die mit dem Handbetrieb dieser Apparate erlangt wurden, bestätigten allerdings eine sichere Funktion, zuverlässige Bedienung vorausgesetzt, aber es ist naheliegend, dass nur grössere Anlagen einen besonderen Wärter zulassen. Für Handbetrieb, also grosse Anlagen, ist unseres Erachtens der denkbar einfachste Einwurfapparat der praktischste, er erfordert als Entwickler nichts weiter, als einen geeigneten Wasserbehälter dessen Einwurföffnung über das Wasserniveau um etwa ein Viertel hinausreicht um durch Wasser verschlossen werden zu können. Nicht unerwähnt wollen wir lassen, dass bei den Handeinwurfapparaten staubförmiges Carbid zu vermeiden ist. Dasselbe wird teilweise auf der Oberfläche des Wassers liegen bleiben und das entwickelte Acetylen kann sich unangenehm bemerkbar machen. Stückencarbid sinkt schnell auf den Boden des Behälters, ohne nennenswerte Mengen Acetylen bei der kurzen Berührung mit der Wasseroberfläche zu entwickeln.

Die Arten der Bethätigung der automatischen Entwickler. Verlassen wir nun die Frage der verschiedenen Systeme der Entwickler und gehen auf die Art der Bethätigung der Entwickler ein, so trennt sich diese Beobachtung zunächst in Entwickler mit und ohne Gasbehälter. Die beliebteste Bethätigung ist die durch Steigen und Sinken der Gasbehälterglocke bewirkte, während der durch Kommunikation zweier Wassermengen herbeigeführte Betrieb seltener und in der Regel nur bei Apparaten ohne Gasbehälter vorkommt. Geschieht der Betrieb durch die Bewegungen der Gasometerglocke, so wird man unter normalen Verhältnissen eine vollständig sichere Funktion des Entwicklers erlangen. Allerdings ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass sich die Gas-

behälterglocke an den Rollenführungen versetzen kann, sodass entweder die erforderliche Unterbrechung der Gaserzeugung nicht rechtzeitig eintreten oder, falls dies bereits geschehen, sich Gas nicht weiter entwickeln würde, was man leicht nach Öffnen der Brennerhähne konstatieren kann. Dieser Fall würde eine Gefahr nicht in sich bergen, wohl aber die Überfüllung des Gasometers. Eine Komprimierung des Acetylens entsprechend der Widerstandsfähigkeit des Gasometers dürfte kaum bis zu einem gefährlichen Punkte eintreten, vielmehr wird in solchen Fällen sich das überschüssige Gas einen Ausweg durch das Reaktionswasser ins Freie suchen, wenn der Verschluss des Wasserbehälters dies gestattet, was bei fast allen Apparaten dieser Betriebsweise der Fall ist. Eine eigentliche Gefahr wird also hier nicht eintreten können, vorausgesetzt, dass der Konstrukteur des Apparates auf diese Eventualität Rücksicht nimmt. Auch Sicherheitsrohre, die abblasen, wenn der Gasdruck eine bestimmte Höhe übersteigt, könnten das Eintreten einer solchen Gefahr vollständig illusorisch machen.

Man wird daher gegen diese Betriebsweise nichts einzuwenden haben, sofern es sich um automatischen Betrieb handelt und der Mechanismus ein zuverlässig ineinandergreifender ist. Zu empfehlen ist es auf alle Fälle, anstatt der häufig verwendeten zwei- und dreifachen, eine vierfache Rollenführung, bei grossen Gasometern, auch bei Handbetrieb, sogar eine noch mehrfachere Führung anzubringen.

Die Bethätigung des Entwicklers durch die Verschiebung zweier kommunizierender Wassermassen wird mit Vorliebe für solche Apparate gewählt, die des Gasometers entbehren. Diese Apparate muss man ohne weiteres als bedenklich bezeichnen. Den Gasometer lässt man in fast allen Fällen aus Sparsamkeitsgründen weg, seltener wegen Raumbeschränkung oder zur Erzielung eines hohen Druckes (z. B. für Schmelzzwecke). Zunächst ist bei fast allen diesen Entwicklern der Mechanismus ins Innere desselben verlegt, ganz gleich, um welches System es sich handelt. Die kommunizierenden Wassermengen befinden sich entweder in zwei durch ein Rohr verbundenen nebeneinanderstehenden Behältern oder in zwei ineinanderstehenden Cylindern, oder der Wasserbehälter ist separat in der Höhe angebracht und das Wasser wird durch ein Rohr dem Carbidbehälter von unten zugeführt. Wenn der Betrieb auf die Weise geschieht, dass das Wasser in den einen Behälter zu dem Carbid tritt und hierauf von dem entwickelten Acetylen in den zweiten Behälter resp. in das Hauptreservoir zurückgedrängt wird, so wird die Mitwirkung eines besonderen Mechanismus nicht nötig sein — der ganze Vorgang spielt sich auf die einfachste Weise ab. Geschieht jedoch die Zuführung des Carbids, wie bei einigen Einwurfapparaten durch den

von der einen Wassersäule gehobenen Schwimmer und die hierdurch vermittelte Öffnung des Verschlusses der Carbidkammer, so werden die Teile einer nicht unbedeutenden Korrosion unterworfen sein oder die beweglichen Teile können sich leicht durch Carbidstücke und hieraus entstehenden Kalkbrei versetzen. In beiden Fällen wird die Funktionsstörung mit einer Gefahr verbunden sein, die noch erhöht wird, wenn ein besonderer Gasbehälter nicht vorhanden ist, das Gas in dem Behälter also unter einen hohen Druck gelangt, der je von der Grösse der zu verdrängenden Wassermasse eintritt. Man kann zwar Sicherheitsrohre anbringen, aber man bedenke, dass das entwickelte Gas erst die ganze vorhandene Wassermasse durch dieses Rohr treiben müsste, ehe es einen Ausweg findet. Da man die Menge des Carbids für jedesmalige Füllung des Carbidbehälters resp. die Menge des daraus entwickelten Acetylens in ein proportionales Verhältnis zu dem Gasometer bringt, so würde, bei besonderem Vorhandensein eines solchen, selbst bei der Entwickelung einer grösseren Menge Acetylen bei vorbeschriebener Art der Entwicklerthätigkeit eine Gefahr zu vermeiden sein.

Wählt man also diese Art der Bethätigung des Entwicklers, gleichgiltig nach welchem System das Carbid mit dem Wasser in Verbindung gebracht wird, so ist für einen rationellen, sicheren Betrieb ein besonderer Gasbehälter notwendig. Doch auch noch ein anderer Grund wirkt bestimmend auf die Anwendung eines besonderen Gasometers. Die entwickelten Wasserdämpfe sind geeignet, durch ihre Kondensation bei Entwicklern ohne Gasometer Störungen durch Verstopfungen u. s. w. herbeizuführen, wenn für eine genügende Verdichtung der kondensierbaren Stoffe der Dämpfe vor dem Eintritt in die Verbrauchsleitungen nicht gesorgt wird. Lewes hat die Natur dieser flüssigen Kondensationsprodukte festzustellen gesucht und mit Sicherheit Ammoniak, Schwefelammonium, Ammoniumhyposulfit und Phosphorverbindungen gefunden. Die Korrosion der inneren Teile der Entwickler ohne besonderen Gasometer ist nicht zum kleinsten Teil auf diese Verunreinigungen zurückzuführen.

Konstruktionsgrundlagen. Die Fundamentalgesetze für Konstruktion von Gassapparaten lauten:

1. Das Volumen einer gegebenen Gasmasse verhält sich umgekehrt wie der Druck, dem sie ausgesetzt ist (Mariotte-Boyle'sches Gesetz).

2. Wird ein Gas um 1° C. erwärmt, so dehnt es sich um $^1/_{273}$ seines Volumens aus, gleichgiltig, welches sein Druck, seine Temperatur und seine chemische Zusammensetzung ist (Gay-Lussac-Gesetz). Oder kürzer: Die Volumina derselben Gasmenge verhalten sich bei unveränderter Spannkraft, wie ihre absoluten Temperaturen.

Mit besonderer Anwendung auf Acetylen:

3. Die Temperaturerhöhung in den Acetylenentwicklern steht mit der Entwickelungsgeschwindigkeit des Acetylens in geradem und mit der Menge des Reaktionswassers in umgekehrtem Verhältnis.

4. Die Nachentwickelung des Carbids wächst im gleichen Verhältnis, wie die Berührungsflächen des Carbids mit dem Reaktionswasser, sofern nicht eine sofortige Zersetzung der gesamten Carbidmenge erfolgt.

Mit besonderem Bezug auf diejenigen Entwickler, deren Betrieb auf abwechselndem Verdrängen und Steigen zweier kommunizierender Wassersäulen beruht, gilt noch folgender Satz von dem Prinzip der Gleichheit des Druckes:

5. Alle Flüssigkeiten haben infolge der leichten Verschiebbarkeit der Teilchen die Eigenschaft, dass sie jeden Druck, der auf einen Teil ihrer Oberfläche ausgeübt wird, nach allen Seiten gleichmässig fortpflanzen.

Das Mariotte-Boyle-Gesetz bietet die Grundlage für die Kompressibilität der Gase, im vorliegenden Falle also des Acetylens, während das Gay-Lussac-Gesetz die Grundlage für die Ausdehnbarkeit der Gase darstellt, und namentlich erklärlich macht, dass Apparate mit starker Temperaturerhöhung grössere Gasräume haben müssen, wie Apparate mit niedriger Temperaturentwickelung. Die Notwendigkeit grösserer Gasbehälter wird auch durch den unter 4. angeführten Satz bedingt, wobei es gleichgiltig ist, ob der succesive Angriff des Carbids durch Zutropfen von Wasser oder Hinzutreten von unten oder Eintauchen des Carbids in das Wasser geschieht, denn es kommt hierbei nicht die mit einem Male angegriffene Fläche, sondern diejenige in Betracht, die in einem gewissen Zeitraum zersetzt wird. Wir finden hierdurch den natürlichen Ausgleich zwischen Tropf-, Tauch- und Spülsystem. Den Rauminhalt des besonderen Gasometers bemisst man so gross, dass eine Gefahr oder ein Verlust an Acetylen ausgeschlossen ist. Die Tropf-, Tauch- und Spülapparate erfordern Gasometer, die imstande sind, mindestens 60—75% des aus der jedesmaligen Carbidbeschickung entwickelten Gases aufzunehmen. Füllt man also beispielsweise den Carbidbehälter eines Tropfapparates mit 10 *kg* Carbid, so soll der Gasometer mindestens 1800—2300 *l* Acetylen aufzunehmen vermögen — eine Ausbeute von 300 *l* Acetylen pro Kilogramm Carbid vorausgesetzt. Bei Überlauf-, Ersäuf- und Einwurfapparaten kann der Gasometer kleiner bemessen werden, empfehlenswert ist es jedoch, niemals unter 50% der aus der gesamten Carbidbeschickung entwickelten Gasmenge herabzugehen.

Hierbei haben wir immer automatische Entwickler im Auge gehabt. Handelt es sich um grosse von Hand betriebene Anlagen, dann treten noch andere Gesichtspunkte hinzu. Für Gasbehälter sind im allgemeinen dieselben Grundlagen maassgebend, wie für solche für Steinkohlengas, nur dass für Acetylen auf den erforderlichen grösseren Druck Rücksicht zu nehmen ist.

Die Grösse der zur Zersetzung des Carbids erforderlichen Wassermenge wäre theoretisch 36 Gewichtsteile auf 64 Gewichtsteile Carbid. Praktisch ist jedoch eine erheblich grössere Menge des Reaktionswassers zur vollständigen Zersetzung des Carbids nötig. Man kann praktisch die gleiche Gewichtsmenge Wasser wie Carbid rechnen. Ein Überschuss von Wasser ist empfehlenswert. Ist ein solcher nicht vorhanden, so bildet namentlich bei Tropf-, Tauch- und Spülapparaten das entstehende Kalkhydrat eine schützende Decke und hüllt leicht unzersetztes Carbid ein. Beim Wegwerfen solcher Rückstände entstehen explosive Gasgemische, die bei dem niedrigen Entzündungspunkt des Acetylens leicht Unfälle herbeiführen können.

Die Menge des bei der Zersetzung des Carbids entstehenden Kalkhydrats ändert sich je nach der Art der Verbindung des Carbids mit dem Wasser. In Tropfapparaten wird der Kalkrückstand das zwei- bis zweieinhalbfache Volumen der Carbidmenge einnehmen; fliesst das Wasser auf das Carbid, so verringert sich das Volumen des Rückstandes. Bei Tauch- und Spülapparaten wird das Volumen gleichfalls kleiner sein, da das obere Carbid das untere Kalkhydrat zusammendrückt. Bei Einwurfapparaten endlich wird ebenso wie bei Ersäufapparaten das Kalkhydrat in wenig konsistenter Form sich ablagern und ein kleines Volumen einnehmen.

Die mit dem Wasser, dem Acetylen oder den Abgangsprodukten in Berührung kommenden Teile der Apparate sollen aus verbleitem oder verzinktem Eisenblech hergestellt sein. Als Material für Hähne und Ventile benutze man kein Kupfer oder Messing, da bei Bildung von Schwefelkupfer sich dieselben festsetzen. Auch ist schon an anderer Stelle erwähnt, dass Acetylen mit Kupfer sehr explosible Verbindung eingeht. Die Bildung dieser Verbindung wird durch die Gegenwart von Ammoniak und Feuchtigkeit sehr begünstigt. Am verbreitetsten ist für Hähne und Ventile Weissmetall und auch teilweise Eisen (Temperguss).

I.

Tropfapparate.

Acetylenapparat von Cäsar Kästner in Halle a/S. Der Apparat ist derart konstruiert, dass er automatisch je nach Bedarf Gas erzeugt und nach dem Brennen das entgaste Calciumcarbid von

dem unverbrauchten absondert. Ferner lässt der Apparat beim Neubeschicken des Entwicklers mit Calciumcarbid das denkbar wenigste Gas entweichen und verhindert den Luftzutritt in den Entwickler. Der Entwickler ist mit einem Gaskondensator verbunden in Form eines cylindrischen Blasebalges, der das erzeugte Gas aufnimmt und dadurch die eisernen Glocken mit Salzwasserfüllung, die das Metall angreift, entbehrlich macht; sollte es trotzdem wünschenswert erscheinen, so kann man auch hierbei diese Glocken verwenden.

A (Fig. 58) ist ein Behälter in Form eines cylindrischen Blasebalges, der in den Führungsstangen B geführt und oben mit Ge-

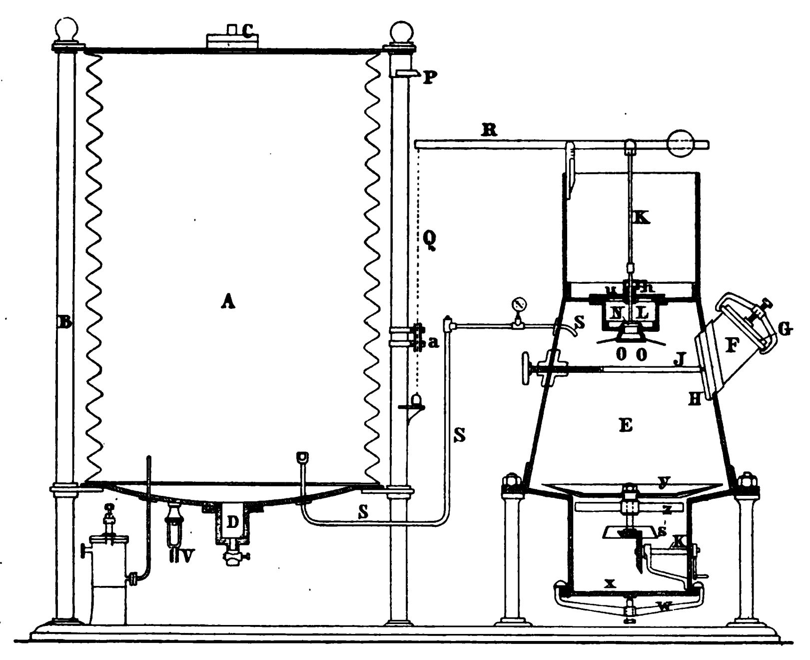


Fig. 58.

wichten C versehen ist, welche den Gasdruck regulieren. In den gewölbten Boden des Behälters ist der Kondensator eingesetzt zur Aufnahme des vom Gase mitgeführten Kondenswassers. E ist der Gasentwickler, in welchem durch den Ansatz F das Calciumcarbid eingeführt wird, was dadurch geschieht, dass man zunächst Deckel G abnimmt und das Calciumcarbid vorsichtig in die Öffnung schüttet, worauf es dann durch die Klappthür H in den Apparat fällt. — Durch die Feder J schliesst sich die Thür sofort wieder, sodass auf diese Weise ein Entweichen des Gases und ein Zutritt der Luft soviel wie möglich vermieden wird. Oberhalb des kesselförmigen Entwicklers

ist der cylindrische Wasserbehälter K angebracht und unter demselben ein kleineres Wasserreservoir L mit dem Kolben N und dem Ventil h. Unter dem Ventil h ist ein Teller mit sechs nach allen Richtungen hin führenden Rinnen OO befestigt, um das Wasser gleichmässig über das Calciumcarbid zu verteilen. Ist der Gaskondensator A leer, so drückt das Gewicht C den oberen Deckel abwärts, worauf dieser, an den Führungen B niedergleitend, mit der Nase P auf die Kette Q drückt, wodurch der Hebel R gesenkt und der Kolben N mit dem Ventil gehoben wird. Hierdurch tritt aus dem Reservoir L Wasser aus und gelangt über die Rinnen zum Calciumcarbid. Das sich nunmehr entwickelnde Gas geht durch Rohr S und das Manometer in den Gasometer A, worauf sich dieser Blasebalg wieder ausdehnt und seine Oberplatte sich hebt. Dadurch giebt aber Nase P die Kette Q frei, das Ventil h schliesst sich und durch die Löcher des Kolbens N gelangt aus dem Behälter E von neuem Wasser in das Reservoir L; dieses wird sich automatisch nach dem Verbrauch wiederholen. Zweckmässigerweise reguliert man den Apparat so, dass der Behälter A stets zur Hälfte mit Gas gefüllt wird. V ist ein Sicherheitsventil, welches das Gas entweichen lässt, sobald der Druck eine bestimmte Höhe überschreitet. Von D aus gelangt dann das Gas in die Leitung.

Um den Entwickler zu entleeren, schraubt man den unteren Deckel ab, setzt bei k eine Handkurbel an und dreht. Hierdurch werden die Flügel y, welche schiffschraubenähnliche Form besitzen, bewegt und befördern das zu Asche gewordene Calciumcarbid auf den Rost z, durch welchen es auf den Boden x fällt, der durch die Klammer w entfernt werden kann, während die noch nicht entgasten harten Stücke in dem Apparat zurückbleiben. Fig. 59 zeigt die Kettenregulierung von vorn und Fig. 60 den Grundriss des Rostes z.

Der Apparat von Fernand Cornaille in Paris verbindet den Generator und Gasometer in eine einzige Kombination (Fig. 61 und 62). Der Apparat besteht im wesentlichen aus einem Behälter a zur Aufnahme des Calciumcarbids. Auf diesem Behälter a ist ein Cylinder b angeordnet, welcher das Wasser enthält. In letzteres taucht eine Glocke c, welche in ihrer senkrechten Bewegung durch den cylindrischen Teil d geführt wird. Ein Kautschukschlauch e, der den Behälter a mit der Glocke c verbindet, führt das Gas in den oberen Teil des letzteren. Ebenfalls an dem oberen Teile ist seitlich ein gebogenes Rohr f angeordnet, dessen gebogenes Ende in die Glocke hineinreicht, während das andere Rohrende in einem Kautschukschlauch g endigt, der bei h in den Behälter a oberhalb einer Kalotte i ausmündet. Der Behälter a ist mit einer oder mehreren Leitungen k ausgestattet, die das Gas zu dem Brenner l führen.

Der Apparat wird in folgender Weise benutzt: Man giesst Wasser in den Cylinder b; sobald dasselbe über die Öffnung m des Rohres oder kapillaren Hebers f steigt, füllt sich letztere mit Wasser, das tropfenweise auf die Kalotte i fällt, um sich auf das in dem Behälter a befindliche Carbid auszubreiten. Jetzt geht das entwickelte Gas durch Rohr e in den oberen Teil der Glocke c, die infolgedessen emporsteigt. Die Öffnung m des Hebers f tritt somit aus dem

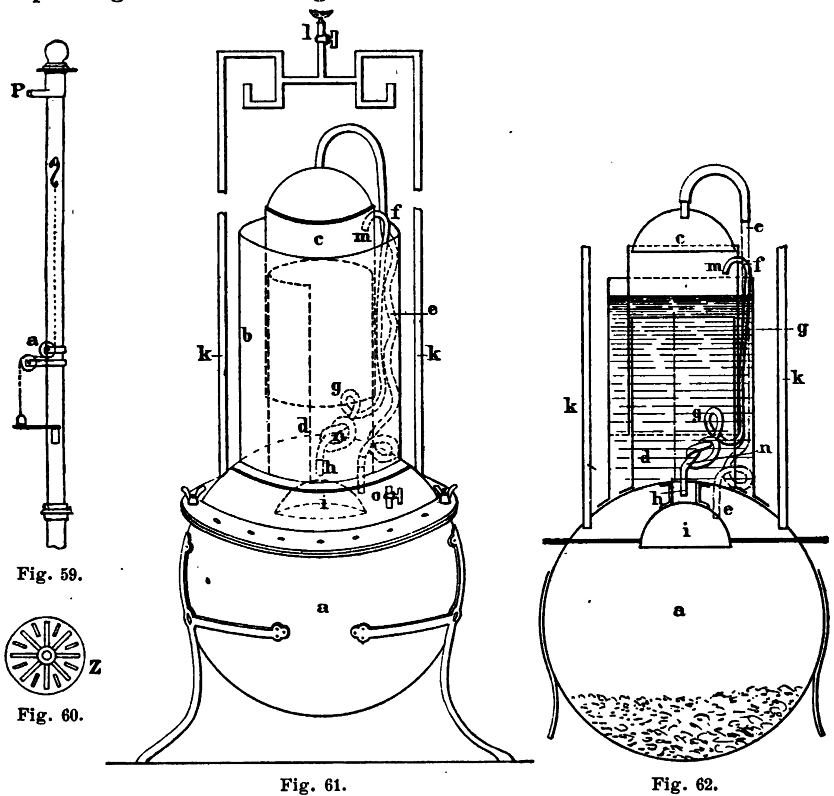


Fig. 59.

Fig. 60.

Fig. 61.

Fig. 62.

Wasser und letzteres hört auf, in den Behälter a hineinzutropfen. Sobald das Gas z. B. für Beleuchtungs- oder andere Zwecke aufgebraucht ist, fällt die Glocke c, und Heberohr f taucht von neuem in das Wasser und tritt wieder in die bereits beschriebene Thätigkeit; das Wasser fällt wiederum tropfenweise auf das Carbid und bewirkt eine erneute Gasentwickelung.

Um die vollständige Entleerung des Kautschukschlauches in dem Augenblicke des Wasserauslaufes, was eine plötzliche Gasentwickelung in grosser Menge bewirken würde, zu vermeiden, genügt es, vorher

in den Kautschukschlauch einen Knoten n zu schlagen, in welchem Wasser zurückgehalten wird.

Bei der Inbetriebsetzung des Apparates wird die in dem Behälter a enthaltene Luft durch Rohr o entfernt, das geschlossen wird, sobald sich der durchdringende Geruch des Gases bemerkbar macht. Selbstverständlich müssen die Kautschukschläuche genügend lang sein, um die Bewegung der Glocke zu gestatten.

Acetylengas-Entwickler mit automatischer Regulierung von Civil-Ingenieur M. Hempel, Berlin (Fig. 63). Der äusserst kompendiös ausgeführte Apparat (D. R.-P. 88438) schliesst sämtliche Funktionen in sich ein, die zu einer dem Verbrauche sich selbstthätig anpassenden Entwickelung von Acetylen erforderlich sind. Carbidgefässe und Acetylenbehälter sind vollständig voneinander getrennt. Vor dem Eintritte in den Acetylenbehälter passiert das Gas einen Kühlapparat und ein Waschgefäss, sodass nur wasserfreies und gereinigtes Acetylen in die Behälterglocke gelangen kann.

Die Carbidgefässe, in denen zugleich das Acetylen entwickelt wird, sind doppelt angeordnet. Jedes Carbidgefäss ist durch Absperrhähne in einfachster Weise ausschaltbar und kann behufs Reinigens und Füllens abgenommen werden, ohne dass der Betrieb des Apparates dadurch gestört wird. — Die Zuführung des Wassers zum Carbid erfolgt tropfenweise in genau einstellbarer Menge und in solcher Verteilung, dass die Nachentwickelung an Acetylen nach erfolgtem Wasserabschlusse auf das geringste Maass beschränkt ist. Die Regulierung des Wasserzuflusses geschieht durch ein mit der Acetylenbehälterglocke verbundenes Schaltwerk, das je nach dem Stande der Glocke den Wasserzufluss selbstthätig mehr oder weniger öffnet oder ihn ganz geschlossen hält, wobei infolge der Konstruktion des Schaltwerkes ein unbefugtes Eingreifen vollständig ausgeschlossen ist.

Der Acetylenbehälter ist zur Speisung der Flammenzahl, für die der Apparat konstruiert ist, und zur Aufnahme des nachentwickelten Acetylens reichlich gross dimensioniert. Zur doppelten Sicherheit ist noch ein hydraulisches, zuverlässig wirkendes Überdruckventil, das zugleich als Manometer dient, angeordnet, durch das ein etwaiger Überschuss an Acetylen selbstthätig ins Freie abgeleitet und eine unzulässige Druckzunahme verhindert wird. Der zulässig höchste und der niedrigste Stand der Acetylenbehälterglocke werden durch ein elektrisches Läutewerk angezeigt. Der Apparat ist derartig konstruiert, dass das Acetylen, solange es ungereinigt ist, von Metallen nur mit Eisen und Blei in Berührung kommt.

Der Acetylenentwickler von Fritz Rossbach-Rousset in Tempelhof hat eine ganz eigenartige Form. Der Entwickler (Fig. 64

bis 66) besteht aus einem Wassergefäss A, einem Gasraum G mit Calciumcarbidgefäss C, dem Verdampfer D und dem Kondensator R

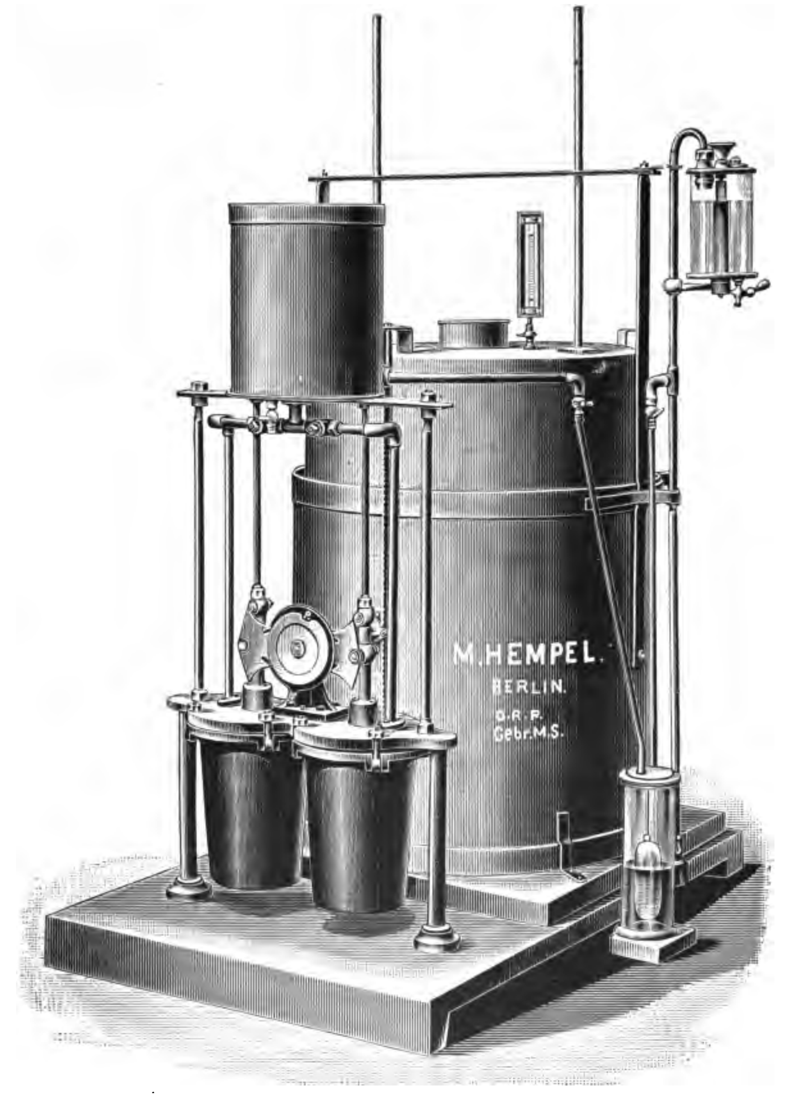


Fig. 63.

mit Wasserabschluss W. Der Zweck des Acetylenentwicklers ist eine gleichmässige Gasentwickelung gemäss dem Gasverbrauch ohne grosse Druckschwankungen und eine selbstthätige Unterbrechung der Gas-

entwickelung, so lange keine Gasentnahme stattfindet. Die Füllung des Apparates geschieht in der Weise, dass der Hahn V geschlossen, das Gefäss A mit Wasser gefüllt und das Calciumcarbidgefäss C mit einer Ladung Carbid durch die Klappe K in den Gasraum G geschoben wird. Sodann wird der Hahn V geöffnet und bleibt bis zur nächsten Füllung offen. Die Wirkung ist nun folgende:

Das Wasser läuft aus Gefäss A durch Rohr B nach dem Verdampfer D, diesen ausfüllend, und durch den Kondensator R und Wasserabschluss W sowie Hahn V direkt auf das Calciumcarbid im Gasraum G. Durch die Einwirkung des Wassers auf das Calciumcarbid wird Acetylen entwickelt, welches durch das Rohr S zu den Entnahmestellen geleitet wird.

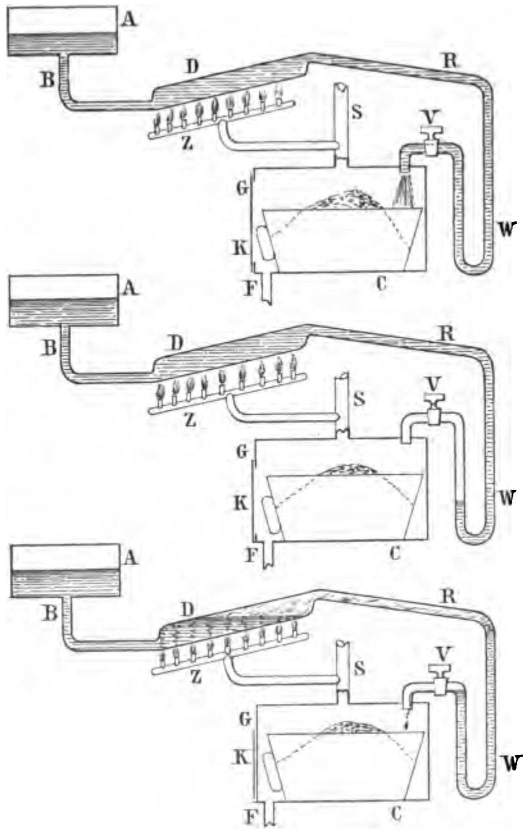


Fig. 64 bis 66.

Dieses Stadium der Wirkungsweise wird durch die oberste Figur veranschaulicht. Ist die Gasentwickelung grösser als die Entnahme, dann tritt in dem Gasraum G eine Druckzunahme ein, welche in der durch den Kipp-schen Apparat bekannten Weise ein weiteres Ausfliessen des Wassers aus dem Syphon verhindert (mittlere und untere Fig.). Im Kipp'schen Apparat fliesst jedoch das Wasser aus dem Syphon bei jedesmaligem niedrigsten Druck in gleicher Menge auf das Carbid und hört bei steigendem Druck gänzlich auf zu fliessen, auf diese Weise fortlaufende Druckschwankungen erzeugend. — In dem hier beschriebenen Gasentwickler ist die Wirkungsweise eine durchaus andere. In den Verdampfer D wird das durch den Gasdruck festgehaltene Wasser zum Sieden gebracht. Die Dampfblasen steigen an der oberen Wand des Verdampfers bis zu dessen höchstem Punkte,

sammeln sich dort und verdrängen einen Teil des Wassers nach Gefäss A hin. Sinkt nun der Druck im Gasraum G ein wenig, da bis jetzt kein Wasser zum Carbid gelangte, so sinkt nur das Wasser im langen Syphonschenkel WR. Da sich jetzt zwischen dem Wasser in ABD und dem in RW Dampf befindet. Nun wirkt aber das vom Wasser zum Teil freigelegte Rohr R abkühlend auf den Dampf ein, der sich kondensiert und als Niederschlagswasser, der Neigung des Rohres R folgend, nach dem Schenkel W läuft. Auf diese Weise wächst die Wassermenge im Syphon W so lange, bis ein langsames Überfliessen durch den Hahn V stattfindet, wobei genau die dem Gasverbrauch entsprechende Wassermenge in das Calciumcarbid gelangt. Steigt der Gasdruck im Gasraum G, so wird durch das Wasser in R die Kondensationsfläche verkleinert und umgekehrt, steigt der Dampfdruck im Verdampfer D, so wird die Verdampfungsfläche verkleinert. Bei einer abweichenden, hier nicht dargestellten Anordnung wird das im Verdampfer D enthaltene Wasser durch die bei der Gasproduktion entwickelte Wärme verdunstet; der Verdampfer D liegt innerhalb des Gasraumes G und der Gasraum G ist mit Wärmeschutzmasse J gegen Wärmeverluste umgeben.

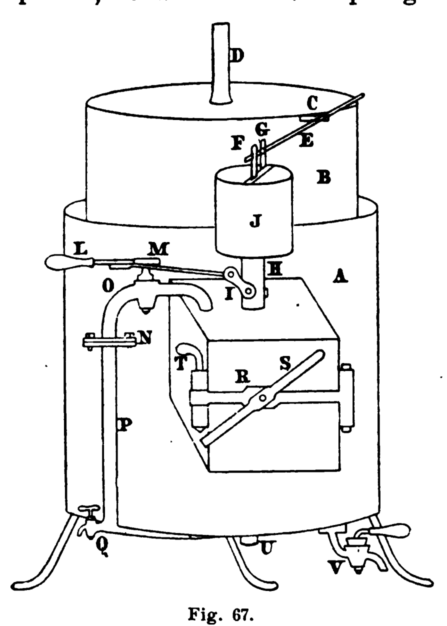


Fig. 67.

Die in Fig. 64—66 dargestellte Anordnung zeigt den Verdampfer D ausserhalb des Gasraumes liegend, die Verdampfung des Wassers wird hierbei durch Gasflammen u. s. w. unterhalb des Verdampfers bewirkt. Die Höhe des langen Syphonschenkels ist so bemessen, dass der höchste Gasdruck immer noch kleiner ist, als der Druck dieser Wassersäule; es kann also niemals Acetylen in den Verdampfer gelangen.

Acetylenapparat von Dr. Luigi Castellani, Florenz. Bei dem nebenstehend abgebildeten Apparat (Fig. 67) ist A ein cylinderförmiger eiserner Wasserbehälter, R ein verschliessbarer Kasten, in welchem sich ein Zinkkasten zur Aufnahme des Calciumcarbids befindet, J eine Blechtrommel, welche durch eine kleine, auf der Abbildung nicht sichtbare Messingröhre mit dem Cylinder A verbunden

ist; letztere dient zum Leiten von Wasser aus A nach Trommel J, F ist eine Messingstange, versehen mit einem Schlitz, durch den eine Eisenstange E geht, welche mittels beweglicher Schraube an der Stütze G befestigt ist. Am unteren Ende der Stange F befindet sich ein in H hineingehendes Ventil, an dem eine um die Messingstange gewundene Spiralfeder befestigt ist. Die mit Hahn O versehene eiserne Röhre P mündet in die obere Wand des Kastens R. Der Griff L des Hahnes O steht mittels Hebels M mit einem in H befindlichen kleinen Hahn in Verbindung. Der Hahn V dient zum Ablassen des Wassers aus dem Behälter A und der Hahn Q zum Entfernen des Wassers, welches sich etwa in P ansammeln könnte. B ist ein beweglicher Cylinder zur Aufnahme des Acetylens und C ein Eisenkern zum Herabdrücken der Stange E.

Um den Apparat in Betrieb zu setzen, beschickt man den in R befindlichen Zinkkasten mit Calciumcarbid, schliesst R, legt das Eisenstück C auf Stange E und öffnet Hahn O mittels Griff L, wodurch zugleich der Hebel M auch den Hahn in H öffnet. Das Ventil hebt sich, es tröpfelt Wasser auf das Carbid und es entwickelt sich Acetylen, das durch Röhre P in den Behälter B geleitet wird, der somit steigt. Hierdurch wird auch Eisenstange E in Bewegung gesetzt, so dass sich das Ventil schliesst und der Wasserzufluss zu R von J aus abgesperrt wird, womit die Acetylen-Entwickelung aufhört. Mit der Entnahme des Acetylens aus Cylinder B sinkt derselbe wieder, das Ventil öffnet sich, das Wasser kann zutropfen und die Acetylenbildung beginnt aufs neue.

Apparat (Fig. 68) von Emil Clausolles in Barcelona. Das Wasser befindet sich in dem graduierten Behälter A, der durch das Rohr a mit dem das Carbid enthaltenden Behälter C verbunden ist. Ein Hahn B reguliert das Zutropfen des Wassers zu dem Carbid. Das entwickelte Acetylen entweicht aus dem Behälter C durch das Rohr E und nimmt seinen Gang in der Richtung der Pfeile durch die Kammer V, in welcher sich das von dem Gas mitgeführte Wasser abscheidet und durch den Hahn X von Zeit zu Zeit abgelassen werden kann. — Ein Teil des Gases geht nach der Verbrauchsleitung P, während ein anderer Teil unter die in dem Wasserbehälter H schwimmende Gasometerglocke G gelangt. Diese ist an ihrem unteren Rande mit dem Bleiringe U versehen und oben bei M durch die über Rollen Q laufende Kette N mit Gegengewicht P′ verbunden.

Das Gewichtsverhältnis zwischen der mit einem Bleiring beschwerten Glocke G und dem Gegengewicht P′ bedingt den auf dem Gas ruhenden Druck. Das Gegengewicht P′ ist durch eine Kette mit dem Hebel D verbunden, welcher ein Gegengewicht Y trägt und den

Hahn B bethätigt, derart, dass wenn infolge starker Gasentwickelung die Glocke G steigt, der Hahn B geschlossen wird und umgekehrt. Steigt Glocke G so hoch, dass Gefahr vorhanden ist, dass das Gas an ihrem Rande entweiche und in Blasen im Wasser emporsteige, so tritt das schräg abgeschnittene untere Ende des in der Glocke steckenden Rohres T aus dem Wasser und das Gas kann nunmehr durch das Rohr entweichen. Wenn der Carbidvorrat in dem Behälter C erschöpft ist, so wird die Glocke G trotz des geöffneten Hahnes B immer mehr sinken, bis zuletzt ein an ihr sitzender Kontakt ein Läutewerk zum Tönen bringt. Man entfernt dann, nachdem man vorher den Hahn der Leitung E geschlossen hat, den leeren Behälter C, was in der Weise geschieht, dass die Flügelmuttern m, welche die Schiene n′ des Gestelles G′ mit dem Behälter C fest verbinden, gelöst werden. Man setzt dann einen gefüllten Becher C ein, schraubt die Muttern m auf und der Apparat ist wieder betriebsfähig.

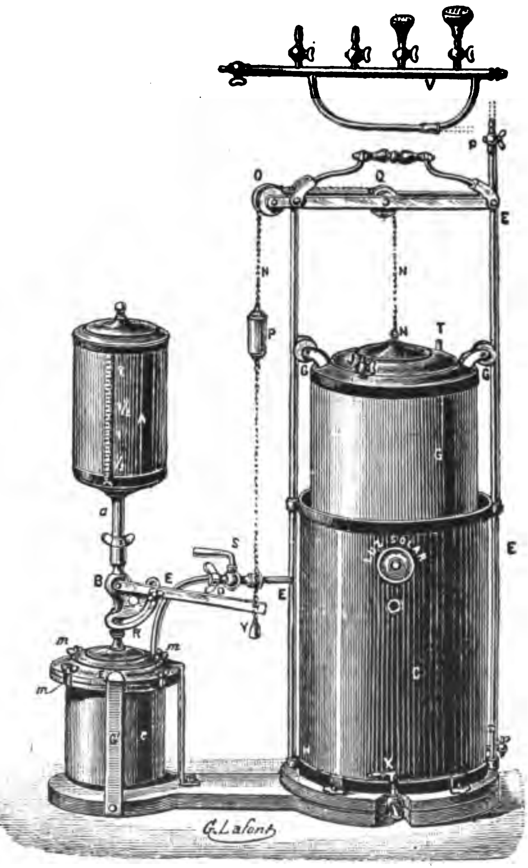


Fig. 68.

Der graduierte Wasserstand A dient zur Kontrolierung des entwickelten Gasquantums durch einfache Berechnung, da bekannt ist, welches Quantum Gas durch Auftropfen eines bestimmten Quantums Wasser auf das Carbid entwickelt wird. — Mit Hilfe des geschlitzten Segmentes B kann man den Hahn B so einstellen, dass er bei einer bestimmten Stellung des Hebelarmes geöffnet und geschlossen wird.

Das mit Hahn versehene Rohr J auf der Glocke G dient dazu, die Luft unterhalb der Glocke entweichen zu lassen, bevor das Gas zugelassen wird.

Apparat von **Rudolph Trost** in Künten (Schweiz). Der Apparat (Fig. 69) arbeitet ohne Ventile, der Wasserzufluss in den Calciumcarbidbehälter erfolgt durch einen innerhalb des Gaserzeugers

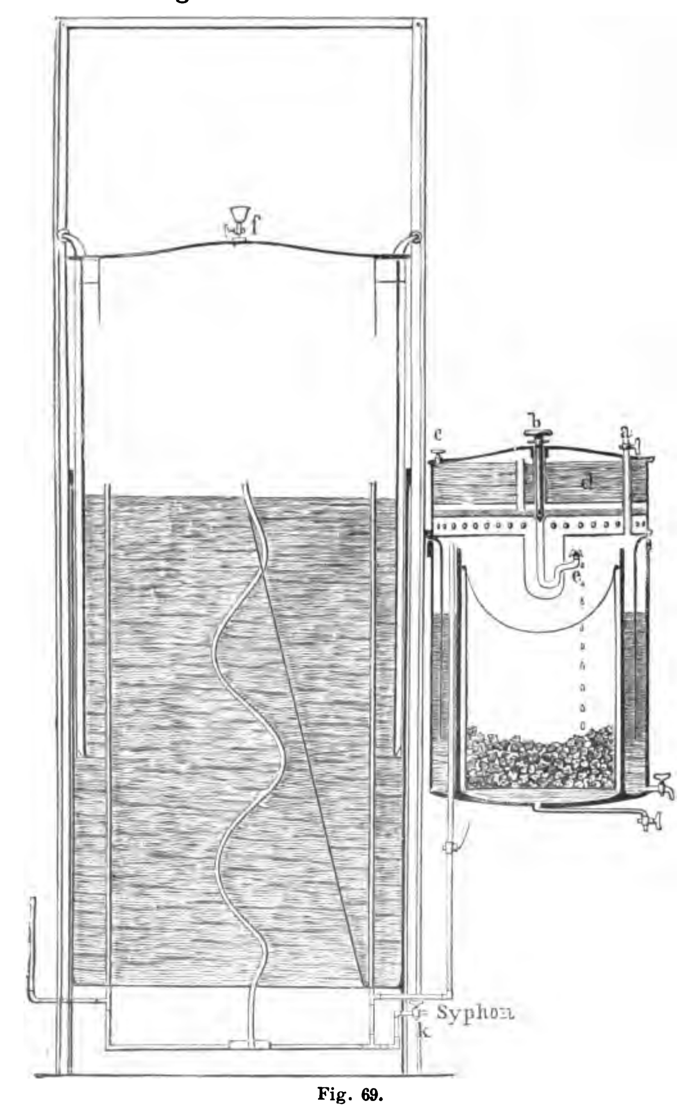


Fig. 69.

befindlichen Syphon C und ist so angeordnet, dass der Druck des Wassers im Behälter stets einer Wassersäule von 65 *mm* entspricht. Sinkt der Gasdruck infolge Gaskonsums unter dieses Niveau, so

fliesst aus dem Syphon Wasser und es entwickelt sich Gas, bis der Druck wieder über 65 *mm* geht, der Gasdruck stärker als der Wasserdruck wird und den Wasserzufluss andauernd hemmt. Der Apparat besteht aus einem Gasometer und ein oder zwei Gaserzeugern. Während letzterenfalls ein Erzeuger in Thätigkeit ist, bleibt der andere in Reserve, ist jener erschöpft, kann der andere ohne die geringste Störung in Betrieb gesetzt werden. Bei Inbetriebsetzung des Apparates wird der Gasometer bis auf 10 *cm* mit Wasser gefüllt und dann so viel Wasser in die Röhren gegossen, bis dasselbe bei dem unten angebrachten Syphon wieder austritt; hierauf wird die Glocke des Gasometers eingesetzt. Die Gaserzeuger werden mit Ausnahme des Raumes, der zur Aufnahme des Calciumcarbid-Kessels dient, etwa zu $^2/_3$ mit Wasser gefüllt. Das Quantum Calciumcarbid, das in die Kessel innerhalb der Erzeuger gebracht wird, richtet sich nach der Grösse des Apparates und dem Gaskonsum. Der dafür vorgesehene Raum ist ausreichend bei Apparaten zu vier Flammen für 4 *kg* Calciumcarbid (1200—1300 *l* Acetylen), zu 20 Flammen für 14 *kg* (4200—4500 *l*), zu 50 Flammen für 20 *kg* (6000—6500 *l*). Die Wasserbehälter d sind, sofern der Apparat gearbeitet hat, jeweils nachzufüllen; die Einfüllschraube c ist immer dicht zu schliessen. Wenn der Apparat in Funktion treten soll, so wird ein mit dem eisernen Gashahn verbundener und mit einer Gabel versehener Hebel so weit gegen den Stift b gedreht, bis dieser dadurch ganz gehoben ist. Die Gasentwickelung beginnt sofort, sich in vorbeschriebener Weise automatisch verringernd oder steigernd, je nach der Zahl der Flammen, die gebrannt werden sollen.

Mit dem Abdrehen der Flammen hört die Gasentwickelung auf, die Nachentwickelung von Acetylen ist der Gasometer aufzunehmen imstande. Zum Füllen und Reinigen wird der Hebel mit der Gabel ganz zurückgeschoben, Hahn a geöffnet und Behälter d gehoben, um dann den Calciumcarbid-Kessel neuerdings zu füllen. Der Behälter d wird nun wieder eingesetzt, der Hahn a geschlossen und der Hebel vorwärts gedreht, bis die Gabel nahezu den Stift b berührt. Die Hähne am Boden der Erzeuger dienen zum Entleeren des Wassers.

In den Röhren sich bildendes Kondensationswasser wird durch einen selbstthätigen Syphon k unten abgeleitet. Die Wassersäule dieses Syphons beträgt 160 *mm* und verhindert, dass Gas austreten kann. — Ist der Apparat nicht in Gebrauch, so ist der Hebel so weit zurückzuschieben, bis der Stift b schliesst, auch ist es angezeigt, an der Hauptleitung beim Apparat einen Abstellhahn anzubringen, behufs Abschluss des ganzen Leitungsnetzes.

Bei dem Apparat »At Home« der »Société du gaz acétylène« in Paris, dessen alleiniges Eigentumsrecht für die österreichisch-unga-

rische Monarchie die »Acetylen-Gas-Aktien-Gesellschaft« in Budapest besitzt, wird das Wasser nicht direkt von oben, sondern auf dem Umwege aus dem äusseren Gefäss über das Carbid geführt. Der Apparat, von dem Fig. 70 den Generator im Schnitt darstellt, beruht auf dem Gleichgewicht des Druckes, den zwei Flüssigkeiten in zwei kommunizierenden Gefässen aufeinander ausüben. Der Apparat funktioniert automatisch und ist derart konstruiert, dass er das Gas nach Maassgabe des jeweiligen Erfordernisses erzeugt. Der Gasometer steht unter konstantem Drucke und besteht aus einem Kessel aus galvanisiertem (verzinktem) Eisenblech. Am oberen Ende der Gasometerglocke sind zwei starke Hähne und ein kleinerer angebracht. Die Glocke ist in ihrem unteren Teile mittels eines Bleiringes beschwert, sodass sie dem Gas einen entsprechenden Druck verleiht.

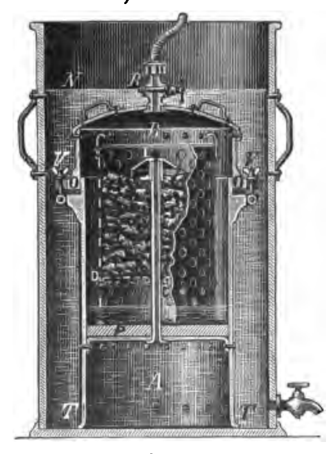


Fig. 70.

Füllt man in den Kübel N Wasser, so dringt dieses durch die Öffnungen T in die Expansionskammer A, dann in das Rohr J und steigt hierin in dem Maasse, als sich das Niveau des in dem Behälter N gegossenen Wassers hebt. Sobald es die obere Öffnung des Aufsatzes J erreicht, verteilt sich eine kleine Menge des Wassers über das Carbid, das unmittelbar Gas erzeugt. Das Gas füllt die ganze Produktionskammer B und gelangt durch das Verbindungsrohr in die Glocke des Gasometers, wo es sich unter Vergrösserung des Druckes im Verhältnis zur Erzeugung sammelt. Dieser Druck wird bald genügend stark, um die Glocke zu heben, die dann langsam steigt. In dem Momente, wo dieser Druck der Höhe des Wassers zwischen der Oberfläche N und dem Ende des Zuleitungsrohres J das Gleichgewicht hält, hört der Wasserzufluss auf und während der Druck fortwährend auf ca. 20 *cm* Wassersäule steigt, weicht das Wasser im Rohre J zurück, bis ca. 4 oder 5 *cm* unter die Öffnung J. Während der ganzen Zeit, in der die Glocke gehoben ist, behält das Wasser sein Niveau im Rohre bei und kann infolge dessen auf das Carbid nicht einwirken und die Erzeugung hört auf. Zündet man nun das aus den Brennern entweichende Gas an, so wird das in der Glocke angesammelte Gas verbraucht und diese senkt sich. Ist sie auf dem Boden des Behälters angelangt, so verliert das weiter konsumierte Gas seinen Druck. Dieser Druck nimmt ebenso in der Produktionskammer ab und das Wasser im Rohre J steigt deshalb wieder, beginnt von neuem auf das Carbid

einzuwirken, es wird frisches Gas entwickelt, und das geht abwechselnd auf die gleiche Art weiter, bis das gesamte Carbid verbraucht ist. Löscht man die Flammen aus, so bleibt der Apparat in völliger Ruhe, bis das Gas wieder angezündet wird. Eine kleine Quantität Gas wird indessen auch bei diesem Apparat noch erzeugt, doch ist hiermit keinerlei Gefahr verbunden.

Etwas abgeändert und kompendiöser wie der vorstehende Apparat ist der Voigt'sche Acetylengasentwickler, den Fig. 71 veranschaulicht. A stellt den Gasometer und B die Glocke desselben dar, die mit dem Ansatz c in dem Bügel d geführt ist. An der Glocke d ist eine Zahnstange e befestigt zum Eingriff mit dem Zahnrade f, das auf einer zwischen dem Gasometer A und Bügel d gelagerten Welle sitzt. Die letztere trägt noch ausserdem den zur Bewegung vom Hahn H nötigen Schaltantrieb, aus der Scheibe i mit Stift k und Sperrscheibe l bestehend. Hahn h ist in ein Rohr m zwischen den Gefässen P und Q eingeschaltet und trägt ein Schaltungssegment, das mit den Scheiben i und l zusammenwirkt. P ist ein oben offenes Wassergefäss, Q ist ein Behälter zur Aufnahme des Carbids. Der Behälter Q ist mit luftdichtem Verschluss an einen auf Säulen ruhenden Deckel angeschraubt, der oben das Rohr m und das Gefäss P trägt.

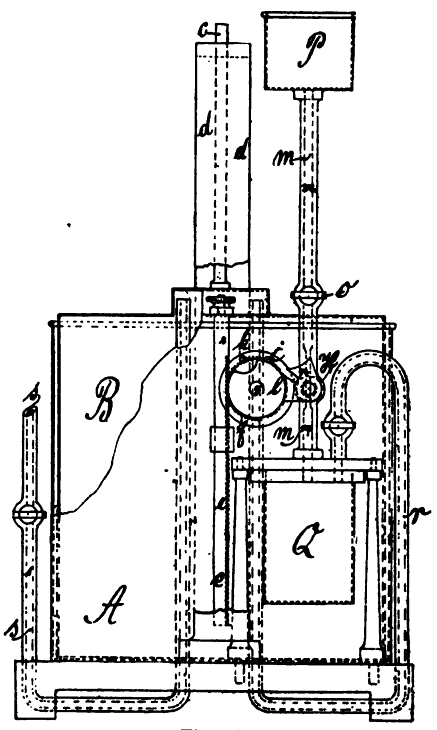
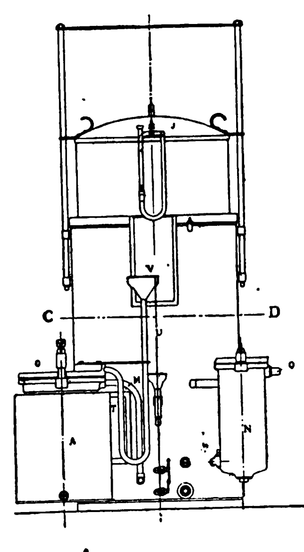


Fig. 71.

Der Zufluss des Wassers ist ausser durch den selbstthätig wirkenden Hahn H noch durch den von Hand zu bewegenden Hahn o freigegeben. Zur Überführung des im Gefäss Q gebildeten Acetylens nach dem Gasbehälter A dient Rohr r. Das Rohr s führt aus dem Gasbehälter zur Verbrauchsstelle. Die Wirkungsweise ist folgende: Behälter Q wird mit Carbid gefüllt und luftdicht an den Deckel geschraubt; in P und A wird Wasser eingebracht, worauf Hahn o geöffnet wird. Das Wasser fliesst nun durch den selbstthätig wirkenden Hahn H, der eine kleinere Bohrung als Hahn o

hat und bei der gesenkten Stellung der Gasometerglocke stets offen ist, in Behälter Q auf das Carbid. Das Gas wird hierauf durch Rohr r unter die Gasometerglocke geleitet und hebt dieselbe bei zunehmendem Druck. Mit der Glocke wird auch Zahnstange e gehoben, sodass sie das Zahnrad f und die Welle dreht. Sobald die Glocke auf $^1/_3$ ihrer Hubhöhe angelangt ist, tritt der Schaltstift k der Scheibe i in den Schlitz des auf dem Rücken des Hahnes H sitzenden Schaltsegmentes n und sperrt beim weiteren Hochgehen der Glocke durch Hahn H den Wasserzufluss ab. In Schliessstellung wird der Hahn dann während des weiteren Ansteigens der Glocke festgehalten, indem Sperrscheibe l an dem Segmente schleift. So kann also bei der Nachentwickelung von Acetylengas, die solange dauert, als noch Feuchtigkeit in dem Behälter Q vorhanden ist, die Glocke B bis zur oberen Kante des Bügels d gehoben werden, ohne dass sie den Hahn H verstellt. Beim Abwärtsfallen der Glocke nach genügendem Gasverbrauche wird Hahn H wieder geöffnet, das Wasser erhält Zutritt zum Carbid und so regelt sich im Auf- und Abspielen der Glocke mit der Schaltbewegung des Hahnes H die Gaserzeugung automatisch.



Schnitt C–D.

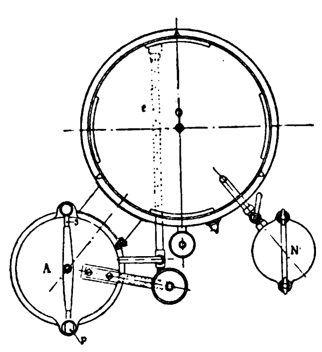


Fig. 72 und 73.

Der Apparat von V. Daix (Fig. 72 und 73) wirkt gleichfalls selbstthätig nach dem System I und zwar mit einem Druck von 10 *cm* Wassersäule. Der Generator A steht mit dem Gasometer durch zwei Röhren in Verbindung, die ihm zugleich als Träger dienen. Der Deckel des Generators ist mittels Kautschuk abgedichtet und enthält mehrere kleinere Carbidbehälter, ähnlich wie bei den Apparaten von Reuss, Engasser u. s. w. Das Speisewasser gelangt in den Gaserzeuger durch Röhre U, die an ihrem oberen Ende den Trichter V trägt. Das Gas tritt aus dem Generator A durch das Rohr M in den Gasometer und gelangt von hier durch den Reiniger N

in die Leitung und zu den Brennern. Ehe das Gas in den Gasometer gelangt, wird es durch ein mit Wasser gefülltes Rohrsystem geführt, in welchem es vorerst gewaschen wird. J stellt den gewöhnlichen Druckregulator dar, K das Anschlussstück zu der Leitung.

Ein eigentümlicher, ziemlich komplizierter Apparat ist der in Fig. 74 skizzierte von Vialet-Chabraud in Paris. Derselbe besitzt keinen beweglichen Gasometer und beruht auf der Kommunikation der Wasser- resp. Gassäule. Das Wasser befindet sich in dem Reservoir I, von dem es direkt in die Gasentwickler AA fliesst. Das sich hier entwickelnde Acetylen tritt durch das Zwillingsrohr und die Hähne m n durch den Wascher T in den Recipienten K, aus welchem es zu den Waschern und Trocknern C C' und sodann durch f in den Gasometer D gelangt. Wird das Gas nicht sofort verbraucht und ist der Druck in D infolge des angesammelten Gases zu stark, so schliesst sich hierdurch der Zuflusshahn, das Wasser hört auf zu tropfen und die Nachentwickelung steigt durch d ins Freie. Wird das Gas an den Brennern angebrannt, so lässt der Druck in D nach, das innere Wasserzuflussventil öffnet sich und die Gasentwickelung beginnt aufs neue. Bei Z können die Kondensationsprodukte abgelassen werden, die aus dem Regulator F mitgerissen worden sind.

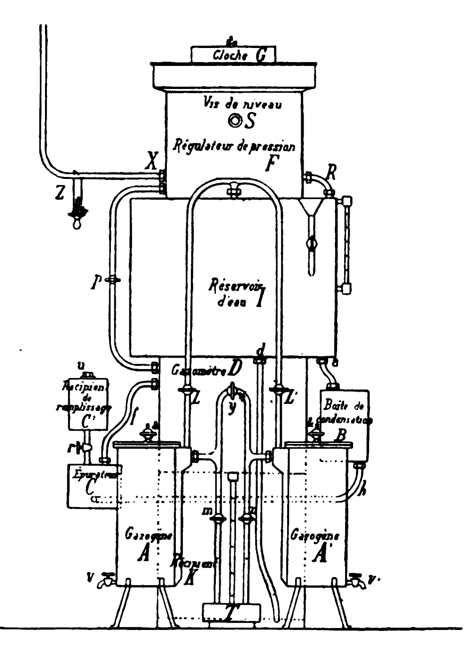


Fig. 74.

Heinrich Held in Waiblingen hat einen Apparat konstruiert (Fig. 75), der in der Hauptsache aus den beiden Entwicklern b, den beiden Wassergefässen c mit Fallventilen d und dem Gasometer a besteht. Der Vorgang bei der Darstellung des Gases ist folgender: Sind die beiden Behälter b mit dem nötigen Calciumcarbid gefüllt und Behälter c mit Wasser versehen, so wird Ventil e geöffnet, sodass das Wasser auf das Carbid tropfen kann. Das entwickelte Gas tritt in die Gasometerglocke und diese steigt. Die Fallventile d sind nun so eingehängt, dass wenn sich die Glocke f um einige Centi-

meter gehoben hat, sich dieselben schliessen und den Wasserzufluss absperren. g ist ein Druckanzeiger und gleichzeitig Sicherheitsventil, durch das das Gas ins Freie geleitet wird, falls eine Überproduktion stattfinden sollte. Sinkt die Gasometerglocke infolge Gasentnahme, so wird das Fallventil wieder gehoben, es kann wieder Wasser hinzutreten und die Gasentwickelung erfolgt aufs neue. Der Apparat arbeitet mit ca. 8 *cm* Wassersäule ($^1/_{120}$ Atmosphäre). Bei ca. 16 *cm* Wassersäule würde das Gas durch den Druckanzeiger und das Sicherheitsventil ins Freie entweichen.

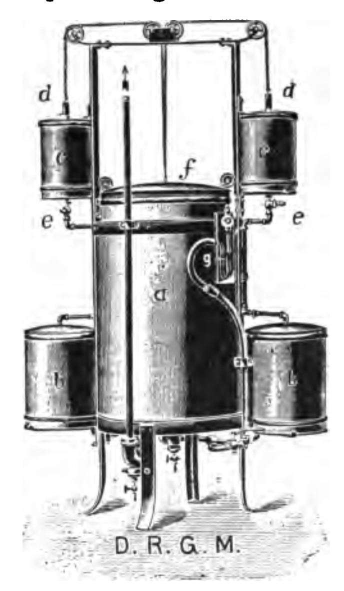


Fig. 75.

Der in Fig. 76 abgebildete Apparat von B. vom Scheidt-Charlottenburg funktioniert folgendermaassen: Bei Tiefstand der Gasbehälterglocke (links) fliesst aus dem Behälter SW Wasser durch das rechtwinklig in den Wasserbehälter hineinragende Rohr und durch das schräge Zweigrohr auf das Carbid. Das entwickelte Gas gelangt durch den geöffneten Hahn H_3 teils in den Gasometer, teils durch Hahn H_1

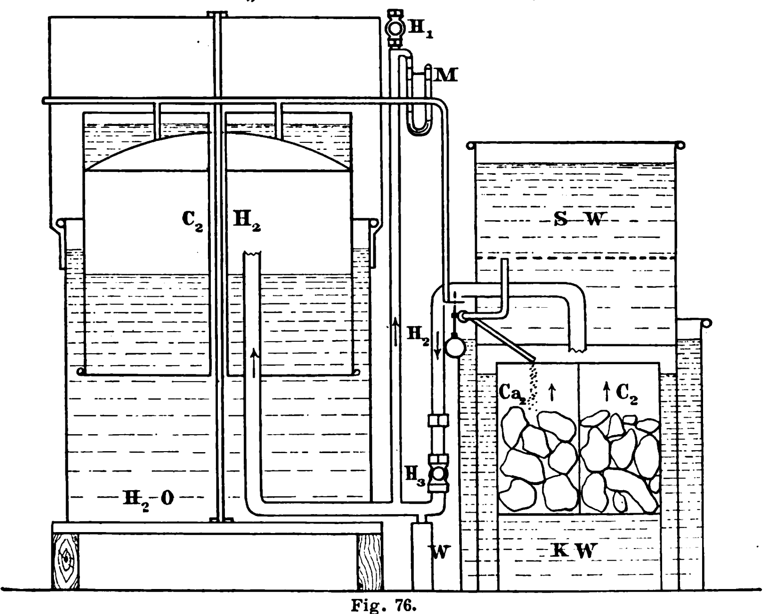


Fig. 76.

zum Manometer. Der Wasserhahn H_2 schliesst automatisch das Wasser ab, wenn die Gasometerglocke steigt, indem ein an der Glocke befestigter Eisenstab den Arm des Hahngewichtes nach und nach loslässt. Sinkt die Glocke, so drückt dieser Eisenstab auf den Arm des Hahngewichtes und hebt letzteres soweit und solange, dass genügend Wasser zum Carbid gelangt und das entwickelte Gas die Glocke vollständig füllt. Während der Gasentwickelung und des Steigens der Glocke sinkt das Gewicht des Hahnarmes immer tiefer, bis schliesslich dadurch die Hahnöffnung ganz geschlossen wird.

Eine originelle Idee, der wir bei keinem anderen Apparate begegneten, verkörperten F. Bernard, P. Decailliot und M. Thual in Paris in dem von ihnen konstruierten Apparat (Fig. 77—79). Der Behälter B besteht aus einem Metallcylinder a, welcher mit einem unter dem Druck einer Spannschraube stehenden Deckel b luftdicht verschlossen wird. In dem Cylinder a befindet sich ein kleiner Cylinder d von derselben Form, dessen Mantel mit kleinen Durchlochungen versehen ist, um das zur Zersetzung des Calciumcarbids nötige Wasser hindurchzulassen. Von dem oberen

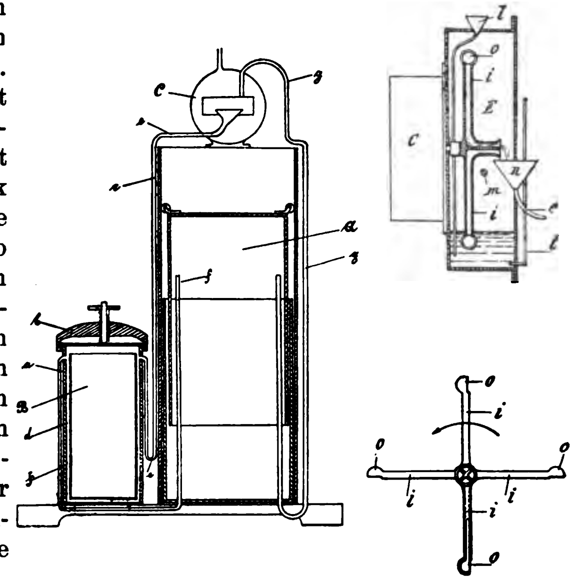


Fig. 77 bis 79.

Teil des Cylinders a sind zwei Rohre e und f abgezweigt, von denen das erste e zur Einführung und Verteilung des Wassers dient, während das zweite f das Gas in den Gasbehälter A ableitet. Das Gas gelangt mittels eines, dritten Rohres g in den Gasmesser bezw. Verteiler C, welchen es beim Verbrauch in Bewegung setzt. Der Gasmesser setzt durch seine drehende Bewegung den Verteiler E, mit dem er verbunden ist, in Thätigkeit.

Der Verteiler besteht aus zwei oder mehreren auf einer Drehachse angeordneten röhrenförmigen Hebelarmen i, von dem jeder in einen Schöpfer o ausläuft. Jeder dieser Schöpfer füllt

sich, wenn die Achse gedreht wird, mit Wasser. Sobald jedoch der betreffende Hebelarm im Steigen die horizontale Lage verlassen hat, fliesst das Wasser durch den Hebelarm und den auf der Achse angebrachten Kanal in den Trichter n und aus diesem durch Rohr e in den Gaserzeuger B ab. Ein zweiter Trichter l dient zur Einführung von neuem und Ersetzung des verbrauchten Wassers. Eine Öffnung m in der Wandung des Wasserreservoirs dient zur Konstanterhaltung des Wasserniveaus und hierdurch zur Begrenzung der Menge des letzteren. Im unteren Teil der Wandung des Verteilers ist eine Glasröhre t eingesetzt, welche als Wasserstandrohr dient.

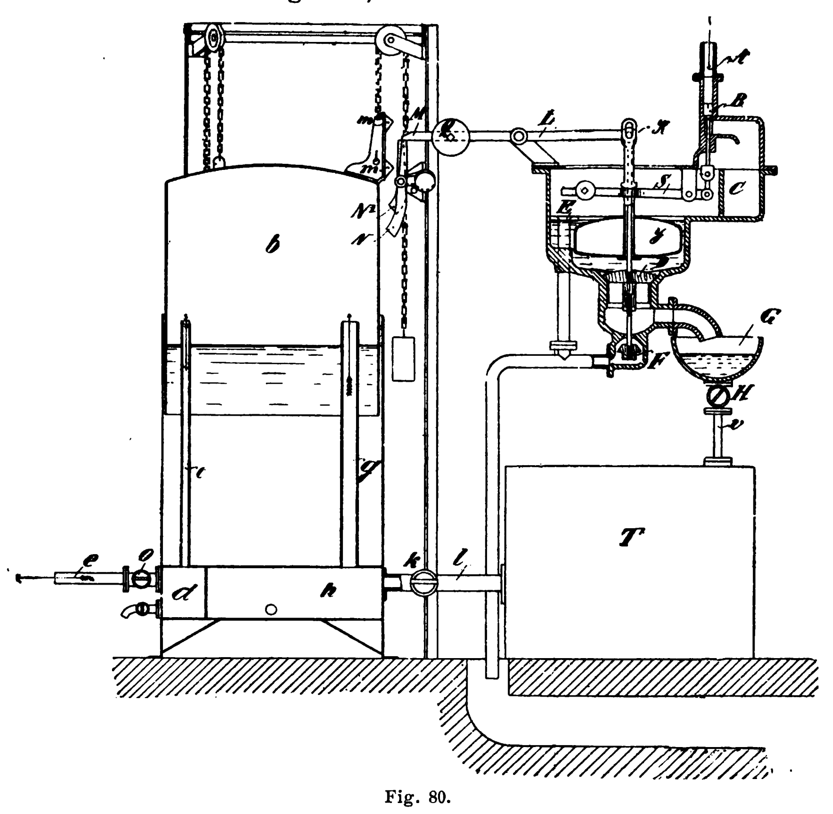


Fig. 80.

Ebenso wie der vorstehende Apparat die Wasserzuführung nicht tropfenweise, sondern in grösseren abgemessenen Quantitäten bewerkstelligt, geschieht es auch bei dem folgenden Apparate. Fig. 80 zeigt den gesamten Apparat, bestehend aus Entwickler, Gasbehälter und Wasserspeiser, ersteren in schematischer Ansicht, letztere beiden im Längsschnitt.

Fig. 81, 82 und 83 zeigen drei verschiedene Phasen der Thätigkeit des Wasserspeisers in schematischer Darstellung. Die Wirksamkeit des Wasserspeisers spielt sich in folgender Weise ab: Fig. 80 zeigt die Phase nach erfolgter Entleerung des Wasserspeisers. Aus der Schale G fliesst noch eben Wasser ab und gelangt in den Entwickler T, wo es Gas entwickelt, das die Gasglocke b zum raschen Steigen bringt. Der Gewichtshebel L stützt sich auf die Klinke N unter der Wirkung des Gewichtes Q verstärkt durch den Auftrieb des Schwimmers y. Das Speiseventil B ist geschlossen, die seitliche

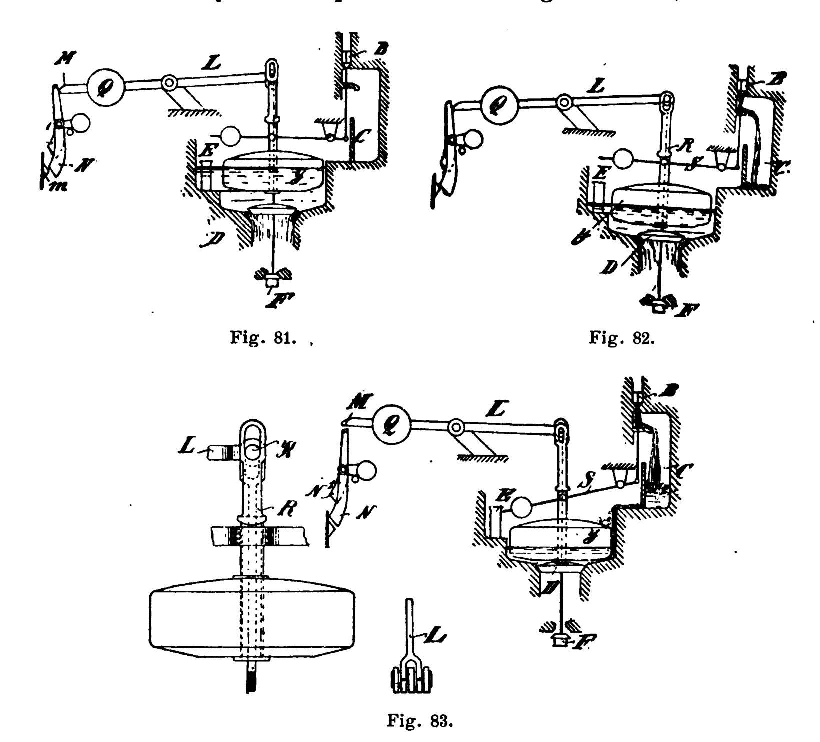


Fig. 81. Fig. 82.

Fig. 83.

Kammer C hat sich entleert, das überschüssige Wasser ist durch den Überlauf abgeflossen, das Sicherheitsventil ist geöffnet, der Wasserspeiser ist zu einer neuen Entladung in Bereitschaft gesetzt.

Wenn das Wasser aus der Schale G sich entleert hat und die dadurch im Entwickler T hervorgerufene Gasentwickelung beendet ist, so hat im Falle gleichzeitiger Unterbrechung des Gasverbrauches die Gasglocke ihren höchsten Stand erreicht. Dauert aber der Gasverbrauch fort, so beginnt die Glocke b schon vor Erreichung ihres höchsten Standes wieder zu sinken und sinkt so lange, bis die

Klinke N durch die Nase m ausgelöst ist (Fig. 81). Nun fällt der Hebel L unter dem Einfluss des Gewichtes Q und dem Auftriebe des Schwimmers y herunter und reisst das Ablassventil in die Höhe, bis der Schluss des Sicherheitsventils F diese Bewegung beendet. Das Wasser entleert sich nun schnell in die Schale G bezw. in den Entwickler T, wo es eine neue Gasentwickelung verursacht. Der Schwimmer senkt sich bis zum Aufsitzen der Gabel R auf den Gewichtshebel S des Speiseventils B; da er bei fortgesetzter Entleerung infolge verminderten Auftriebes schwerer wird, beginnt er das Speiseventil B zu öffnen (Fig. 82). Infolge fortgesetzter rascher Entleerung der Hauptkammer sinkt der Schwimmer noch weiter, kommt zum Aufsitzen auf das Ablassventil D und schliesst dieses bei gleichzeitiger Öffnung des Sicherheitsventils F. Hierbei hat der Schwimmer den Gewichtshebel L so weit heruntergezogen, dass beide Klinken N und N^1 einschnappen konnten; er hat ferner durch den Gewichtshebel S das Speiseventil ganz geöffnet, aus welchem nun ein starker Erguss in die seitliche Kammer C stattfindet, der sich in die Hauptkammer zu entleeren begonnen hat (Fig. 83). Letztere füllt sich allmählich, der Auftrieb macht den Schwimmer steigen, bis das Speiseventil sich wieder schliesst, und beim Abfluss des restlichen, in der Seitenkammer C enthaltenen Wassers noch weiter, bis er, gänzlich unter Wasser gesetzt, mit seinem Auftrieb die Wirkung des Gewichtshebels Q auf den Gewichtshebel L verstärkt. Die Gasglocke ist unterdessen wieder gestiegen und die Nase m hat durch Auskehren der Klinke N^1 den Knaggen M veranlasst, sich auf die Klinke N niederzulassen (Fig. 80). Die Nase m^1 dient dazu, eine zweite Entleerung bezw. Speisung kurze Zeit nach der durch die Nase m bewirkten herbeizuführen, sofern aus irgend einem Grunde die letztere wirkungslos geblieben sein sollte.

Zum richtigen Arbeiten des Wasserspeisers muss die Länge des Schlitzes im Ventilgestänge gestatten, den Knaggen M etwas über die Klinke N^1 zu heben und etwas unter die Klinke N zu senken bei stillstehendem Ablassventil D. Die Länge des Schlitzes in der Gabel des Schwimmers y muss gestatten, den Schwimmer aus der Lage Fig. 81 in diejenige Fig. 82 zu bringen, ohne Einfluss auf den Gewichtshebel L. Ferner müssen gewisse Gleichgewichtsbedingungen erfüllt sein. Es bezeichne:

t den Wasserdruck auf das Ablassventil bei gefüllter Hauptkammer,

u das Gewicht des Ablass- und Sicherheitsventils und des zugehörigen Gestänges,

v die zum Öffnen des Speiseventils benötigte Kraft auf das Schwimmergestänge reduziert,
w das Gewicht Q am Hebel L,
x das Gewicht des Schwimmers y,
z den Auftrieb des Schwimmers y bei gefüllter Hauptkammer, so ergeben die Gleichungen:

$$1.\quad w = u + t$$
$$2.\quad z = u + x$$
$$3.\quad x = v + w$$

die richtigen Gleichgewichtsbedingungen.

II.

Tauchapparate.

Gleichfalls zu den bekanntesten und ältesten Acetylenapparaten gehört derjenige von Julius Schülke in Berlin, den Fig. 84 in Schnitt darstellt.

Der Entwickler besteht aus einem Wasserbehälter A, in dem sich eine umgekehrte Glocke b von Blech auf- und niederbewegt. Die Glocke b kann entsprechend be- resp. entlastet werden durch die an dem Drahtseil hängenden Gegengewichte; je grösser das Quantum Calciumcarbid ist, um so schwerer muss das Gegengewicht sein. Innerhalb der Glocke ist hängend ein herausnehmbarer Doppelkorb angebracht, von dem der Siebkorb mit Calciumcarbid gefüllt wird, woraus sich in Berührung mit dem Wasser das Acetylen selbst entwickelt. Der untere Korb dient zum Aufhängen des verbrauchten Calciumcarbids. In der Mitte des Wasserbehälters, vom Boden desselben aufsteigend, befindet sich ein Rohr g, das zum Reservoir geführt ist. Das Reservoir besteht ebenfalls aus einem Wasserbehälter B und einer einfachen Blechglocke h. Von diesem Behälter aus nach oben windet sich ein Kondensatorrohr g durch die Wasserfüllung, dessen Mündung oberhalb des Wasserspiegels endet. Ebenso führt von hier aus ein Rohr zum Regulator und von hier aus in das Rohrnetz.

Soll die Anlage in Betrieb gesetzt werden, so sind, nachdem die Apparate in Reihenfolge — wie Zeichnung — verbunden, die Rohrverbindungen gut verdichtet, die Brenner aufgeschraubt und deren Hähne geschlossen sind, der Behälter des Entwicklers wie der des Reservoirs bis zu den Löchern der Eingüsse, die an jedem Bassin sind, mit Wasser zu füllen, worauf die Glocke des Reservoirs eingesetzt und mit dem ringförmigen Gewicht, bei grossen Apparaten zwei, beschwert wird, worauf die Glocke sinkt, indem die Luft aus derselben durch das Rohr im Entwickler entweicht.

Darauf wird der durchlochte Einsatz f des Entwicklers mit 4 — 10 *kg* Calciumcarbid gefüllt und in die Glocke desselben vermittelst Bajonnettverschlusses hängend befestigt und das Ganze in den Entwickelungsbehälter heruntergelassen, nachdem der Haken des Drahtseils in die Öse des Hahns eingehakt ist und somit das am anderen Ende des Drahtseils entsprechend gemachte Gegengewicht in Wirkung tritt. Dann befestigt man das lose Ende der Überwurfkette an dem Haken des Bassins, indem man durch Öffnung des Hahnes C oberhalb der Glocke etwas Luft entweichen lässt, sodass

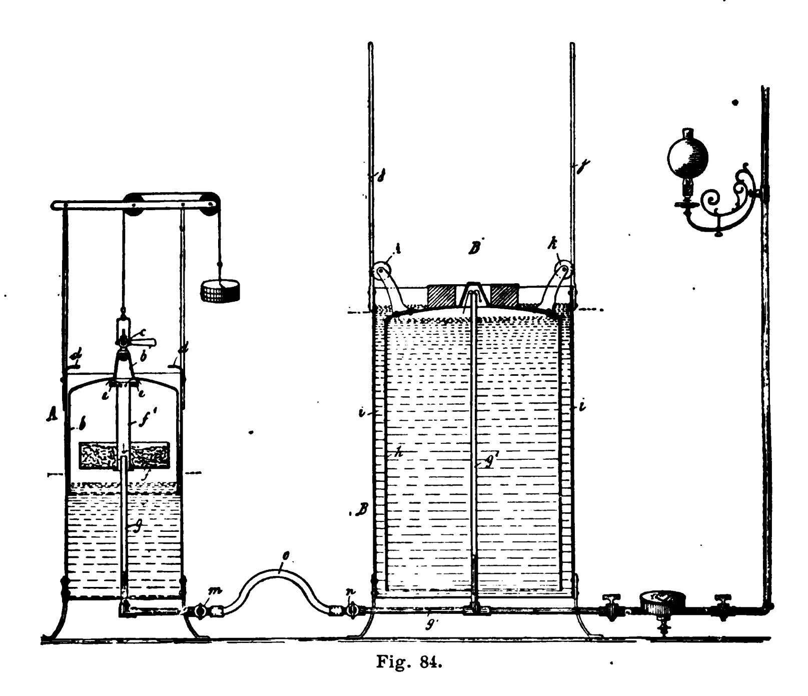


Fig. 84.

erstere nur bis zu einer bestimmten Höhe steigen kann. Hierauf öffnet man den Hahn der Entwicklerglocke wieder und lässt soviel Luft aus derselben entweichen, bis das Carbid die Wasserfläche berührt. In diesem Moment, welcher sowohl durch den Geruch, wie durch das Geräusch an der Hahnöffnung, wie durch die Bewegung der Glocke nach oben erkenntlich ist, wird der Hahn geschlossen und der Hahn zwischen Entwickler und Reservoir schnellstens geöffnet, sodass das überschüssige Acetylen in das Reservoir entweichen kann, wobei die Glocke desselben sich hebt und man die Brenner anzünden kann. Die Weiterentwickelung des Acetylens geht nun selbst-

thätig unter Niederdruck gefahrlos vor sich; sobald das nach der ersten Eintauchung entwickelte Acetylen verbraucht ist, senken sich die Glocken und das Carbid taucht wieder ein, die Glocken steigen wieder u. s. w., welcher selbstthätige Vorgang sich wiederholt, bis

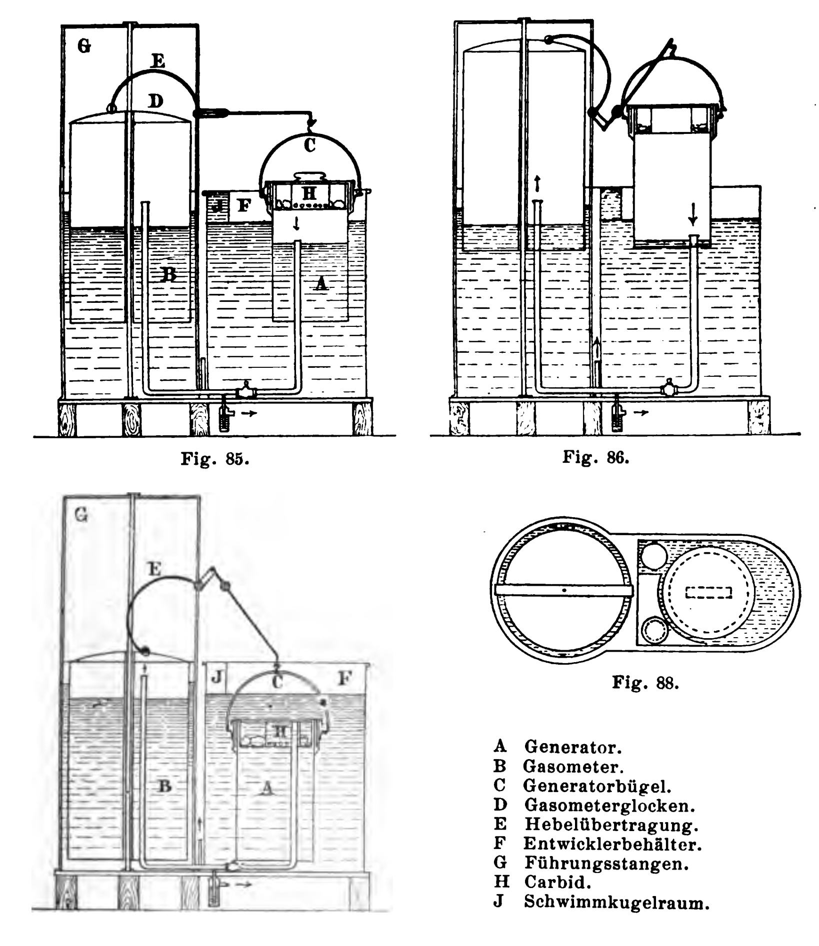


Fig. 85. Fig. 86.

Fig. 87. Fig. 88.

die Carbidfüllung verbraucht ist. Um nicht mit dem Acetylenvorrat in Verlegenheit zu kommen, warte man nicht, bis alles Calciumcarbid verbraucht ist, sondern drücke die Entwicklerglocke b herunter, wodurch der letzte Rest Calciumcarbid verbraucht wird. Um sicher zu sein, dass alles Calciumcarbid verbraucht ist, muss die Glocke mindestens einige Minuten unter Wasser gehalten sein. Um dann

wieder neu zu füllen, wird der Hahn M zwischen Reservoir und Entwickler geschlossen, der Hahn C der Entwicklerglocke geöffnet, die Glocke herausgehoben, der Einsatz (Korb) herausgenommen und der zweite trockene Reserveeinsatz mit Carbid gefüllt und, wie beschrieben, eingesetzt.

Zu dieser Kategorie von Apparaten gehört ferner der von dem Ingenieur B. vom Scheidt in Berlin konstruierte. In beistehenden Figuren 85—88 ist das Scheidt'sche System in verschiedenen Ausführungen veranschaulicht, und zwar je nachdem der Apparat für kleineren, grösseren oder den Betrieb ganzer Centralen dienen soll. Figuren 85—88 lassen die drei Stadien der Funktion eines mittleren Apparates ohne weiteres erkennen.

Ein eigentümlicher Apparat ist der von R. Kühn in Rohrschach (Fig. 89—90). Eine cylindrische Flasche von ca. 90 *cm* Höhe und

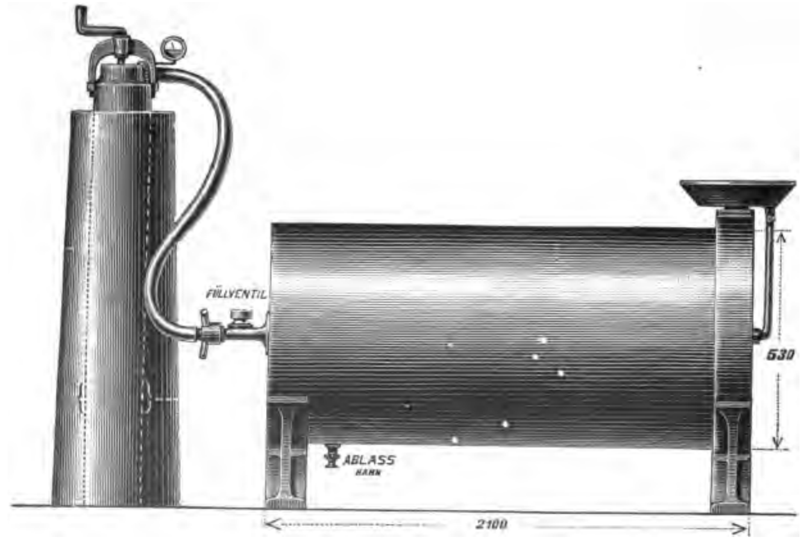


Fig. 89.

13 *cm* Durchmesser, ca. 20 *kg* wiegend, aus Eisenblech geschweisst und auf einen Überdruck von 20 Atmosphären geprüft, besitzt oben eine Öffnung, welche durch einen konisch gedichteten, mittels Umlegebügel und Pressschraube angedrückten Armaturkopf abgeschlossen ist. Dieser Armaturkopf besitzt einen Manometer zum Anzeigen des in der Flasche bezw. im Gasbehälter herrschenden Druckes, ein Sicherheitsventil zur Verhütung einer Drucksteigerung über das zulässige Mass, sowie eine das Innere der Flasche mit einem fest angeschlossenen Schlauche verbindende Bohrung, welche durch einen Absperrhahn verschliessbar ist. In der Flasche befindet sich ein

cylindrischer Korb aus Drahtgeflecht, der das Calciumcarbid aufnimmt, dessen Mischung mit Wasser auf folgende Weise stattfindet: Es wird die Flasche soweit mit kaltem Wasser gefüllt, dass der mit

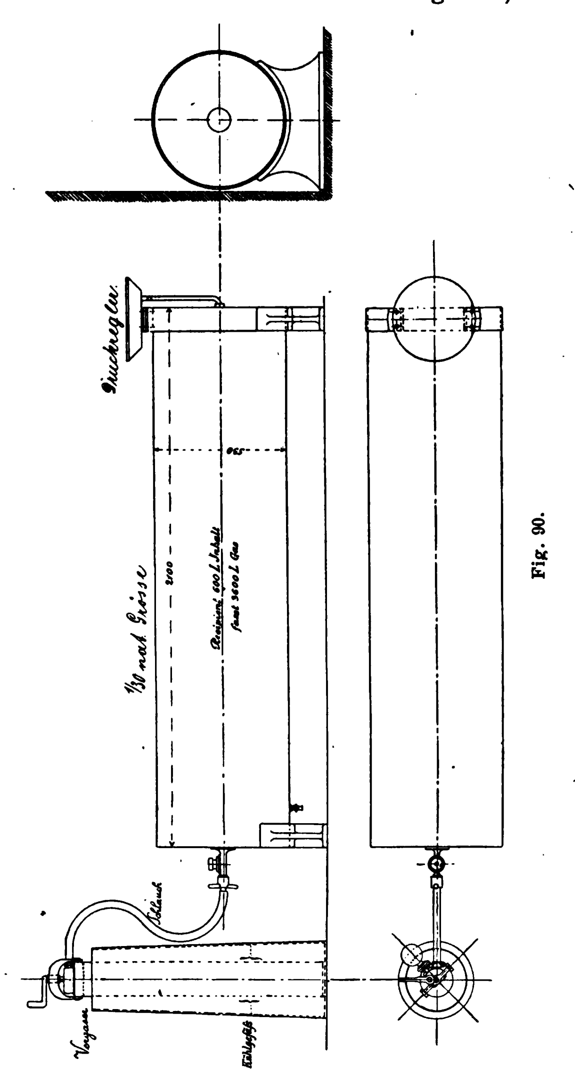


Fig. 90.

Calciumcarbid gefüllte, an den Armaturkopf angehängte Korb über Wasser bleibt, nachdem der Armaturkopf auf die Flasche aufgesetzt und mit der Pressschraube befestigt ist. Ist dies geschehen, so wird gleichzeitig mit dem Öffnen des Hahnes der Korb in das Wasser

eingetaucht, also das Calciumcarbid mit dem Wasser verbunden. Der Gasbehälter oder Rezipient ist ein geschlossener Kessel aus Eisenblech, auf 15 Atmosphären Überdruck geprüft, mit einem Inhalt, der ca. dem grössten Bedarfe für die Zeit von einer Füllung zur anderen entspricht; die gebräuchlichen Grössen sind 300—1000 *l*, die bei dem üblichen Füllungsdrucke von 6 Atmosphären 1,8—6 *cbm* Acetylen aufnehmen. An den Gasbehältern ist ein Füllventil mit Anschluss für den Schlauch des Vergasers montiert, das von Hand mit einem Schlüssel bedient wird. Der Druckregler, der an den Rezipienten angeschlossen ist, reduziert den im letzteren herrschenden Hochdruck beim Durchgang des Acetylens in den an den Brennern der Lampen erforderlichen Druck von ca. 4 *cm* Wassersäule, gleichviel ob der Überdruck im Rezipienten 6 Atmosphären oder nur $^1/_{1000}$ Atmosphäre beträgt.

Der Schlauch des Armaturknopfes wird an das Füllventil des Recipienten angeschlossen und nach dem Öffnen des Füllventils am Manometer der im Rezipienten noch vorhandene Druck abgelesen: ergiebt sich hierbei das Bedürfnis der Nachfüllung, so wird der Drahtgeflechtkorb mit Calciumcarbid gefüllt und eine Vergasung oder mehrere nacheinander vorgenommen.

Ist der Rezipient auf ca. 6 Atmosphären Überdruck gefüllt, so wird das Füllventil abgeschlossen und der Schlauch von diesem gelöst, worauf der Vergaser eventuell zur Füllung anderer Rezipienten disponibel ist. Der Korb fasst ca. $2^1/_4$ *kg* Calciumcarbid und die Flasche nebst dem Korbe das zur Vergasung nötige Wasser; eine einmalige Beschickung des Vergasers ergiebt ca. 700 *l* Acetylen und dauert dessen Vergasung ca. 10 Minuten, man kann somit in einer Stunde vier Vergasungen vornehmen und damit ca. 3 *cbm* Acetylen erzeugen. — Die Grösse und Anzahl der Rezipienten muss der Flammenzahl und Brenndauer entsprechen, für welche man ohne Nachfüllung auszukommen wünscht.

Der gebräuchliche Druckregler genügt für einen stündlichen Durchgang von reichlich 1 *cbm* Gas, entsprechend einer Lichtmenge für 1500 Kerzenstunden, somit beispielsweise für 75 Flammen von je 20 Kerzen; sollen gleichzeitig mehr Flammen brennen, so müssen mehrere oder ein grösserer Druckregler angewendet werden.

Von einer an sich neuen Idee ging Wilh. Schroers jun. in Leipzig-Eutritzsch bei der Konstruktion seines Apparates (Fig. 91) aus. Derselbe schaltet in den Generator eine Mühle ein, um den Kalkrückstand sofort automatisch zu zermahlen und wieder auszunutzen, da in demselben immer noch etwas Acetylen enthalten ist.

Der Apparat besteht aus einem doppelwandigen Behälter A mit einer Glocke B, welche sich in der Doppelwand des Behälters A auf

und ab bewegen kann. Der untere Teil des Behälters A steht mit einem seitlich angebrachten Wasserreservoir W oder mit einer sonstigen Wasserzufuhr in Verbindung. Im Behälter A hängt der Behälter C für die Aufnahme des Calciumcarbids. Dieser Behälter C

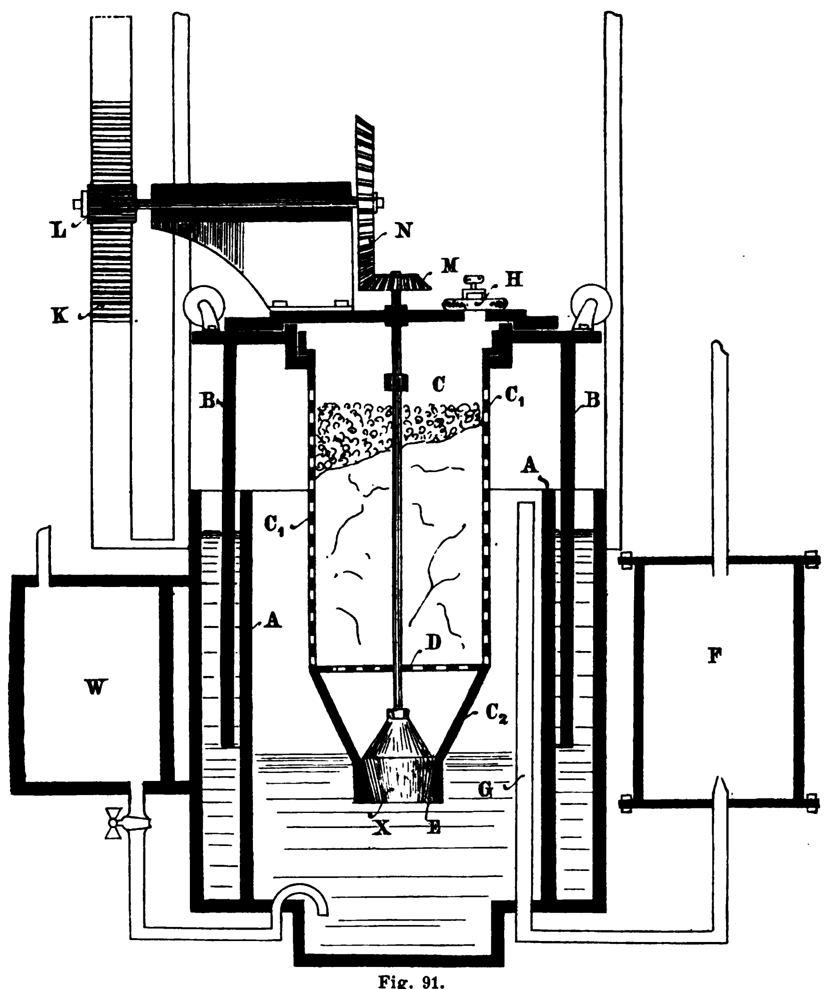


Fig. 91.

besteht aus zwei Teilen, einem cylindrischen Teil C′ und einem sich daran schliessenden konischen Teil C″. Der cylindrische Teil C′ besteht aus gelochtem Blech oder Drahtgewebe und der konische Teil aus vollem Blech.

Getrennt werden diese beiden Teile durch den Rost- oder Siebboden D. Der konische Teil C″ besitzt unten eine Öffnung E, die

durch eine Konusmühle X geschlossen wird. Die Mühle geht mit ihrer Welle durch den Calciumcarbidbehälter hindurch und ist oben mit einem konischen Zahnrad M versehen. In dasselbe greift ein Zahnrad N ein, an dessen Welle ein zweites Zahnrad L sitzt, das mit einer Zahnstange K in Eingriff steht, die mit dem Behälter A verbunden ist. Am Deckel der Gasglocke B ist eine dicht verschliessbare Öffnung H angebracht, durch die das Calciumcarbid in den Behälter nach Bedarf eingefüllt wird. Um einen kontinuierlichen Betrieb zu ermöglichen, kann diese Öffnung mit einem am oberen und unteren Ende verschliessbaren Trichter ausgestattet sein, der es erlaubt, bei gefülltem Gasometer neues Calciumcarbid dem Behälter C zuzuführen. In dem Behälter A ist ein Gasabführungsrohr G angebracht, das mit einem Gasreiniger F in Verbindung steht.

Der Apparat arbeitet in folgender Weise: Der untere Teil des Behälters A wird soweit mit Wasser gefüllt, dass der Siebboden D des Calciumcarbid-Behälters C′ beim tiefsten Stand der Glasglocke B vom Wasser bespült wird, während der Behälter C″ vollständig unter Wasser steht. Ist nun der Behälter C′ mit Calciumcarbid gefüllt, so findet eine Gasentwickelung statt und die Gasometerglocke wird durch den Gasdruck gehoben. Der Wasserspiegel sinkt hierdurch unter den Siebboden D, sodass alsdann eine Berührung des in dem Behälter C′ befindlichen Calciumcarbids mit dem Wasser nicht vorhanden ist. Durch das Heben der Gasometerglocke B bewegt sie das Zahnrad L, das seinerseits durch die Räderübertragung N M die Konusmühle X in Umdrehung versetzt. Hierdurch wird zunächst das Wasser im Behälter C″ in Wallung gebracht, sodass es gegen den Siebboden D schlägt und durch die Öffnungen desselben die darauf liegenden Rückstände heraus und in den Behälter C″ spült. Diese Rückstände sinken nach unten und kommen in den Bereich der Mühle X, die sie sofort zermahlt und so das in ihnen eingeschlossene Calciumcarbid freilegt, aus dem sich durch die Berührung mit dem Wasser Acetylen entwickelt. Bei Entnahme von Gas aus dem Behälter sinkt die Glocke B nach unten, wodurch der Wasserspiegel wieder bis an den Siebboden D steigt, mit frischem Calciumcarbid *unmittelbar* (*nicht mittelbar durch Rückstände*) in Berührung kommt und Acetylen erzeugt. Bei diesem Sinken der Glocke wird abermals die Mühle, jedoch im umgekehrten Sinne wie vorher, bethätigt. Durch das Zusammenwirken der Mühle und der Glocke wird also ununterbrochen Gas erzeugt und die Rückstände werden bei (oder sofort nach) ihrem Entstehen ebenfalls ununterbrochen verarbeitet und für die Gaserzeugung nutzbar gemacht.

Die Erfindung von E. Peters in Berlin betrifft gleichfalls einen Apparat, der automatisch und je nach dem Gasverbrauch die Gaserzeugung während seines Hebens oder Senkens reguliert. Der Apparat (Fig. 92) besteht im wesentlichen aus einem Gasometer A, der in geeigneter Weise auf einem Unterbau aus Stangen oder dergleichen aufgebaut ist, welcher einen leichten Zutritt zum Gasometer von unten zur Beschickung mit Calciumcarbid und Wasser gestattet. Die Gasometerglocke B ist in ihrer Vertikalrichtung in einem an einer Traverse E″ befestigten Rohr F geführt, die Traverse E″ ruht auf den Stäben E, die an dem Mantel des Gasometers befestigt sind. In dem Fussrohr F bewegt sich ein auf der Gasometerglocke B in ihrer Achse befestigtes Rohr F′, das zu gleicher Zeit als Sicherheitsrohr dient. Der Gaserzeuger besteht aus einem Cylinder C, konzentrisch im Innern des Gasometers befestigt, der durch den Boden hindurch geht und an seinem unteren Ende mittels Kautschukdichtung P einen Behälter B trägt, um den Kalkschlamm aufzunehmen und, wenn der Gaserzeuger frisch mit Calciumcarbid gefüllt werden soll, das Wasser zu entleeren.

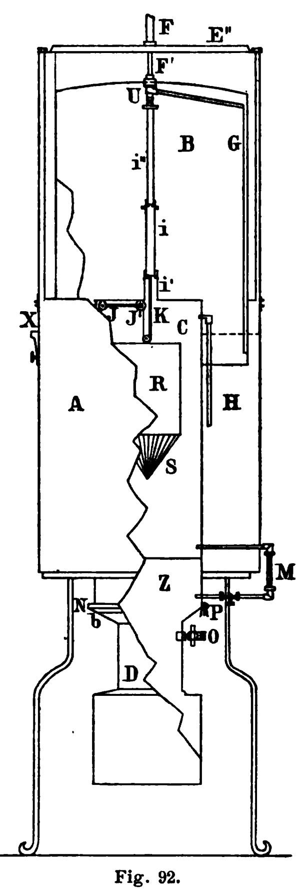


Fig. 92.

Der Gaserzeuger ist in seinem oberen Teile geschlossen und das erzeugte Gas gelangt durch das Rohr T unter die Glocke B des Gasometers. Der Carbidkorb S wird wie folgt bethätigt: Eine Stange i″, befestigt in ihrem oberen Teile an der Glocke unter dem Knie der Sicherheitsröhre G F, gleitet in einem Rohre i, welches seinerseits in einer zweiten, am Deckel des Gaserzeugers befestigten Röhre i′ geführt wird. Am unteren Teile des Stabes i″ ist eine Schnur K befestigt, an der mittels Rolle der Carbidbehälter S (R) hängt. Die Schnur geht weiter über zwei Rollen J J′ und endet am Dichtungsring der Verbindungsstelle C und D an Krampen. Der Carbidkorb besteht aus einem durchbrochenen cylindrischen, unten konischen Siebwerke S, das im Innern ein metallisches Körbchen als Carbidträger hat. Der Korb S ist umgeben von einer cylindrischen Hülle R, um die feuchten Gase zu verhindern, an dasjenige

Carbid zu gelangen, welches nicht mit dem Wasser in Berührung kommen soll. Ein Trichter X aussen am Gasometer, dessen Abflussrohr in den Gaserzeuger führt, dient zum Auffüllen desselben mit Wasser; ein Wasserstand M zeigt die Höhe der Flüssigkeit an und ein Entleerungshahn Ö ist am Wasserkasten D angebracht. Der Apparat funktioniert nun wie folgt:

Der Verbrauch des Gases in den Brennern entleert die Glocke B und diese senkt sich. Die Stange i″ und das Rohr i′ gehen mit abwärts. Der Korb R mit S senkt sich ebenfalls mittels der Rolle J und der Schnur. Es erfolgt dann sogleich die Gasentwickelung. Das erzeugte Gas kann nur unter einem gewissen Druck durch die Röhren, die in beliebiger Anzahl angeordnet sein können, entweichen, da diese unter den Wasserspiegel des Gasometerbehälters reichen; hierdurch reinigt sich das Gas und sammelt sich unter der Glocke B, hebt diese und mit ihr wird die Stange i″ gehoben, welche ihrerseits mit der Schnur und Rolle den Carbidkorb vom Wasser entfernt, wodurch die Gasproduktion allmählich vermindert oder ganz sistiert wird. Wenn durch irgendwelche Ursache, z. B. Reissen der Schnur, eine plötzliche grosse Gasentwickelung eintritt, so soll die Temperaturerhöhung, die durch die chemische Reaktion eintritt, durch das den Gaserzeuger umgebende Wasser des Gasometerbehälters unschädlich gemacht werden (?); das erzeugte Gas selbst entweicht wieder durch eine Röhre unter die Glocke B und hebt diese bis auf ihren höchsten, durch die Traverse E″ begrenzten Stand; hierdurch gelangt die untere Mündung des Rohres G über den Wasserspiegel des Gasometerbehälters und das Gas entweicht durch dieses Rohr G und das die obere Führung bildende Rohr F^1 ins Freie. Das im regelmässigen Betriebe erzeugte Gas wird in bekannter Weise durch Rohre und entsprechende Hähne den Brennern zugeführt.

Das Füllen des Apparates kann während des Betriebes erfolgen, da die teleskopischen Rohre i i′ i″ luftdicht gehen und das Gas unter der Glocke in den feststehenden Gaserzeuger C durch die unter das Wasser weichenden Röhren nicht zurücktreten kann. Um den Apparat nun zu füllen, öffnet man den Auslasshahn O, um den Gaserzeuger bis zur Hahnhöhe zu entleeren, nun löst man die Flügelschrauben b, nimmt das Gefäss D fort, ebenfalls den Carbidkorb R S durch Aushaken aus der Öse der Rolle, füllt denselben frisch, hängt ihn wieder ein, schraubt den Teil D wieder an und füllt durch den Trichter X soviel Wasser auf, bis es im Wasserstand M sichtbar ist.

Zu den ältesten Acetylenapparaten gehören diejenigen von G. Trouvé in Paris, die bereits im Herbst 1895 in Gebrauch waren und

im Mai 1896 durch Berthelot der Pariser Akademie vorgeführt wurden. Wie die Abbildung Fig. 93 zeigt, ähnelt der Apparat sehr dem Schülke'schen, welcher Vergleich allerdings auch umgekehrt berechtigt ist. Das Carbid wird mittels eines Drahtkorbes in den vorderen kleinen Behälter gebracht, in dem sich das nötige Wasser zur Auflösung befindet. Das Gas steigt durch das vor-

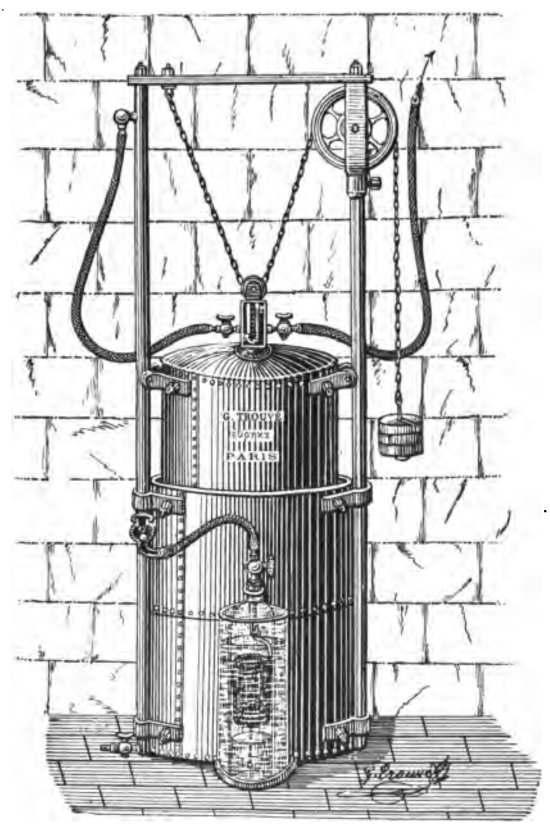


Fig. 93.

dere kurze biegsame Metallrohr in den Gasometer und von da dringt es, nachdem der auf dem Gasometer befindliche Druckanzeiger bethätigt wurde, durch den oberen linken Schlauch in das linke Rohr, das gleichzeitig als Führungsstange für die Gasometerglocke dient. Das gesamte Carbid löst sich hintereinander auf und das in den Gasometer dringende Gas bleibt, wenn es nicht sofort verbrannt wird, aufgespeichert. Damit der Gasdruck in den Rohren und Brennern ein nicht zu übermässig starker ist, hängen an der Gaso-

meterglocke einige eiserne Gewichte, die es ermöglichen, den Druck zu regulieren. Rechts ist ein Schlauch bemerkbar, der zur eventuellen Ableitung des von dem Gasometer nicht mehr aufzunehmenden Gases dient.

In etwas abgeänderter Form ist der Apparat in Fig. 94 dargestellt. Derselbe ist hier mit zwei Generatoren versehen, von denen der eine im Aufriss abgebildet ist. Aus demselben ist eine andere Konstruktion der Carbidbeschickung zu ersehen, die jedoch gleichfalls nicht selbstthätig reguliert wird, sondern ebenso wie vorher besprochen bethätigt wird. Hier ist das Sicherheitsrohr weggelassen, was übrigens auch vollständig überflüssig ist, sofern der Carbidkorb eines Generators nicht mehr Carbid aufzunehmen vermag, als zur Entwickelung einer dem Gasometerinhalte entsprechenden Gasmenge hinreicht. Ist der Gasometer z. B. für 1600 *l* Gas genügend gross, so darf der Carbidbehälter höchstens 5 *kg* Carbid aufnehmen. Fasst man bei Acetylenapparaten lediglich die Einfachheit und Billigkeit ins Auge, so kann der Trouvé-sche Apparat beifällig beurteilt werden, kommt aber die Sicherheit in Betracht, so ist der Trouvé'sche Apparat aus den oben entwickelten Gründen zu verwerfen.



Fig. 94.

Der Apparat »Orion« der Deutschen Acetylen-Gesellschaft, G. m. b. H. in Berlin, ist in Fig. 95 abgebildet. Das Carbid wird in den obersten kleinen Behälter geschüttet, nachdem der Boden desselben geschlossen ist. Sodann wird der Deckel fest zugeschraubt und durch Drehen der kleinen Kurbel der Boden in dem obersten Carbidbehälter herabgeklappt, infolgedessen das Carbid auf den Rost fällt, wie es in der Zeichnung veranschaulicht ist. Der Zweck des

obersten Carbidbehälters ist derselbe wie schon früher wiederholt erwähnt, nämlich die Vermeidung der bei der Carbidfüllung des eigentlichen Behälters auftretenden Lufteinströmung. Bei Inbetriebsetzung des Apparates wird der Carbidbehälter bis auf den Wasserspiegel gesenkt, damit das Wasser mit dem Carbid in Berührung treten kann. Die punktierten Linien zeigten den tiefsten Stand des Carbidbehälters mit der Gasometerglocke. Das entwickelte Gas strömt durch das in die Glocke ragende Rohr (links) zu den Brennern. Der entstandene Kalkschlamm fällt beim wiederholten

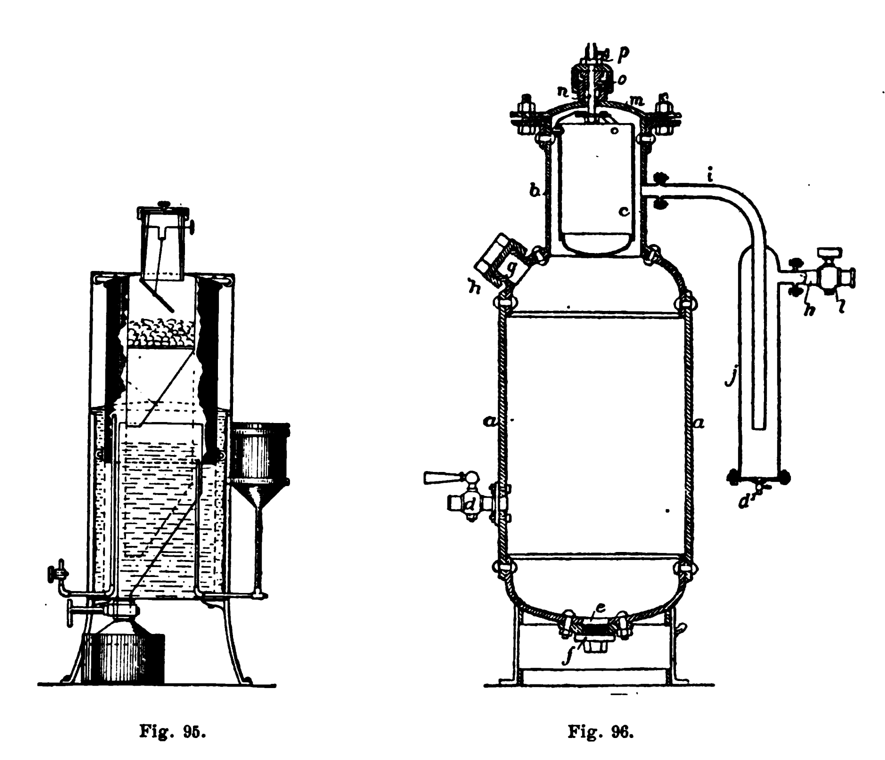


Fig. 95. Fig. 96.

Senken der Glocke in den unten angeordneten Schlammfang, der beim Neufüllen des Apparates mit Carbid gleichzeitig entleert wird. Zu diesem Zweck wird ein grösserer, über dem Schlammfang angebrachter Hahn erst geschlossen, dann der Schlammfang abgeschraubt, entleert, mit Wasser gefüllt und wieder angeschraubt. Durch Nachfüllen von Wasser in den seitlich des Apparates angebrachten Wassercylinder wird das Vergasungswasser in einfachster Weise ergänzt.

Ein Handbetrieb-Apparat ist der in den Fig. 96, 97 und 98 dargestellte von L. M. Bullier in Paris.[1]) Der in Fig. 96 im Vertikalschnitt veranschaulichte Apparat besteht aus dem Generatorcylinder a von Stahlblech, auf dem ein kleinerer Cylinder b genietet ist, in dem sich der das Carbid enthaltende durchlöcherte Korb c befindet. Cylinder a hat einen Reinigungshahn d, eine durch Schraube f verschlossene Entleerungsöffnung e und in seinem oberen Teile ein durch h verschraubtes Ansatzrohr g. Cylinder b ist oben durch einen gewölbten Deckel m verschraubt, auf dem eine Stopfbüchse n sitzt, durch die eine den 5 *kg* Carbid enthaltenden Korb c tragende Stange o geht. Man kann daher den Korb höher oder tiefer stellen und in jeder Stellung durch Schraube p fixieren. Von

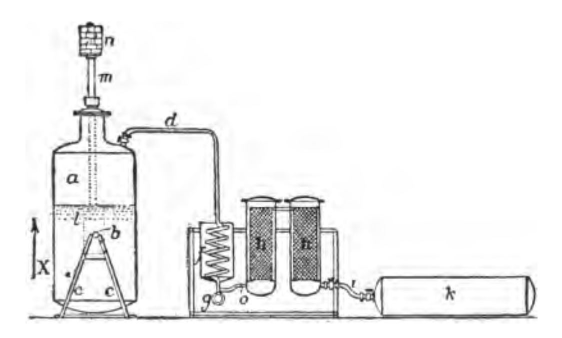


Fig. 97.

diesem Cylinder führt ein Rohr i in den Wasserabscheider j, aus dem eine mit einem Hahne l versehene Leitung h nach dem Gasometer geht. Unten befindet sich der Ablasshahn d¹. Zur Beschickung des Apparates entfernt man Deckel m und Verschlussschraube h. Man füllt Cylinder a bis zu $^2/_3$ seiner Höhe mit Wasser und Korb c mit Carbid. Nachdem man Deckel m mit dem Korbe wieder aufgeschraubt hat, wirft man einige Stücke Carbid durch Rohr g, das man dann sofort schliesst. — Sodann öffnet man Hahn d¹, durch den das sich jetzt entwickelnde Gas die Luft austreibt. Nach einigen Minuten ist der Apparat vollständig von Luft befreit, worauf man Hahn d schliesst und den Korb c nach und nach in das Wasser senkt, wobei ein Manometer die sich entwickelnde Spannung anzeigt; wird diese zu stark, so lässt man entweder eine gewisse Menge Wasser durch Hahn d ab oder hebt Korb c mehr heraus. Hierauf können die Cylinder für den Gebrauch durch Hahn l gefüllt werden. Modifikationen des Apparates sind folgende:

[1]) Zeitschr. f. Calciumcarbidfabr. u. Acetylenbel. 1897, S. 17.

Um das Gas abzukühlen und zu reinigen ist der Cylinder a (Fig. 97) aus Schweissstahlblech durch Zapfen b in dem Gestelle c c drehbar. Die Öffnung, durch die Korb l eingeführt wird, ist durch einen Deckel verschlossen. Die mit Flügelmuttern versehenen Schrauben können zurückgeschlagen werden, wodurch Laden und Reinigen des Cylinders sehr vereinfacht wird. Während des Funktionierens senkt man Korb l mittels Stange m nach und nach in das Wasser, das durch die Gewichte n erleichtert wird. Aus dem Gaserzeuger geht das Acetylen durch Rohr d in die sich in der Kurve f befindende Kühlschlange e und von da durch Rohr g o in die Recipienten h h, die Schlackenwolle und trocknende Substanzen (Chlorcalcium oder gebrannten Kalk) enthalten. Man kann auch die einzelnen Teile wie in Fig. 98 gruppieren, das Acetylen geht von oben nach unten durch den Recipienten h und steigt in der

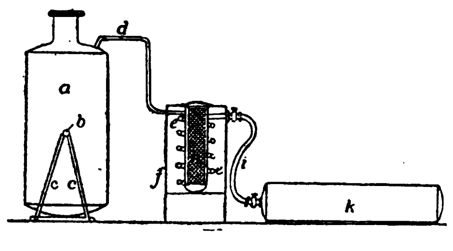


Fig. 98.

Schlange e wieder nach oben. In beiden Fällen geht das Gas durch die Röhren i zum Füllen des Cylinders k.

Man kann diese Apparate selbstverständlich lediglich dort anwenden, woselbst es nicht angängig ist, Gas an Ort und Stelle zu entwickeln, also z. B. für Eisenbahnbeleuchtung. Aber es wird erklärlich sein, dass selbst als blosse Füllstationsapparate dieselben mangelhaft sind. Schon der Umstand, dass man zur Inbetriebsetzung ein Stück Carbid in den offenen Generator werfen muss, ist höchst gewagt. Wer garantiert dafür, dass es immer möglich ist, den Deckel auf dem Rohre g sofort nach dem Hineinwurf zu schliessen?

Einen Apparat, der auf der Scheide zwischen Tauch- und Einwurfsystem steht, stellt derjenige von H. Colberg (Fig. 99) dar. Der Behälter A wird mit dem zerkleinerten Carbid gefüllt und dann mittels des Autoklaven-Verschlusses B hermetisch abgeschlossen. Das Carbidpulver gleitet über den geneigten Boden des Behälters A allmählich herab und fällt durch Kammer Y in den im Raum R befindlichen, mit Wasser gefüllten Behälter T. Das entwickelte

Acetylen gelangt durch Rohr M in den Gasometer LZ, aus welchem das Gas durch Rohr U seinem Bestimmungsort zugeführt werden kann.

Im Ruhezustande ist die Öffnung des Carbidbehälters durch den Verschlusskegel C geschlossen, welcher durch die auf den Armen V gelagerte Verschlussfeder F fest gegen die Öffnung gedrückt wird. Findet nun ein starker Gasverbrach statt, sinkt also die Gasometerglocke L, so stösst der Anschlag O der mit der Glocke verbundenen Stange N gegen den Ring K des um I^1 drehbaren

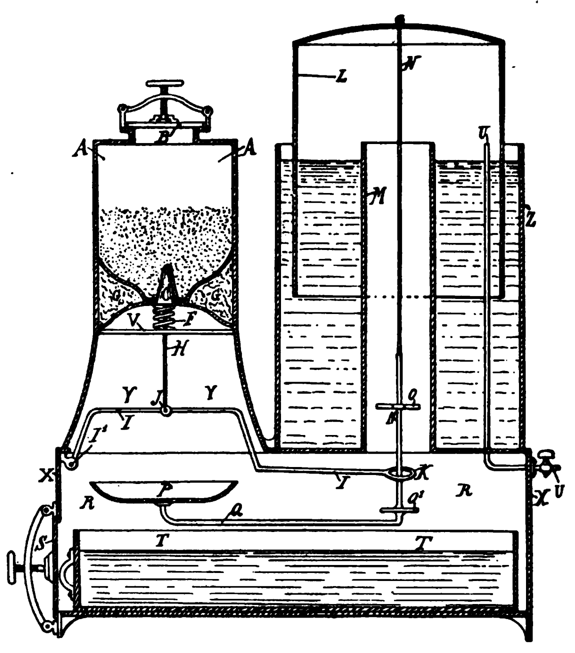


Fig. 99.

Hebels I und zieht durch Vermittelung der in J angelenkten Zugstange H den Verschlusskegel C nach abwärts. Durch das nunmehr herabfallende Carbid erfolgt eine erhöhte Acetylenentwickelung, die Glocke L hebt sich wiederum, der Anschlag O verlässt den Ring K und der Verschlusskegel C wird durch Feder F fest gegen die Öffnung des Carbidbehälters A gepresst.

Um nun zu verhindern, dass bei einem mangelhaften Arbeiten des Verschlusskegels C eine übermässige Gasentwickelung durch das herabfallende Carbid stattfindet, ist unter der Öffnung des Carbidbehälters ein gelochter Teller P angebracht, welcher durch die Stangen Q und N zwangläufig mit der Gasometerglocke verbunden ist. Dieser

Teller taucht beim Sinken der Glocke in das Wasser des Behälters T ein und bringt das aus dem Behälter A herabfallende Carbid mit dem Wasser in Berührung, unter gleichzeitiger Verteilung des entstehenden Kalkes im Wasser. Sobald aber infolge mangelhaften Verschlusses der Öffnung des Carbidbehälters eine übermässige Acetylenentwickelung stattfindet, steigt die Gasometerglocke und hebt

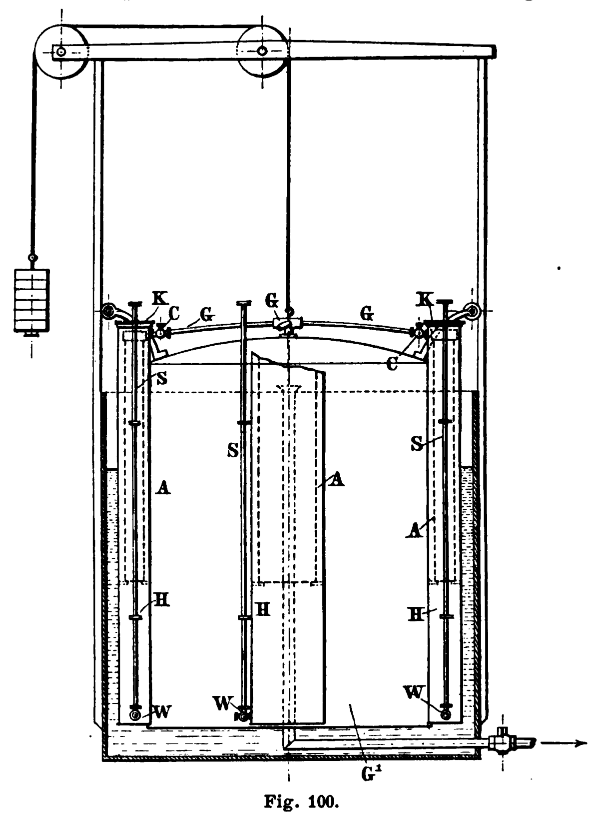


Fig. 100.

den Teller P aus dem Wasser heraus, wodurch die Gasentwickelung sofort nachlässt. Dauert infolge der auf dem Teller P zurückgebliebenen Wassermenge die Acetylenentwickelung noch fort, nachdem der Teller bereits das Wasser verlassen hat, so stösst der Anschlag O[1] gegen den Ring K und presst durch Vermittelung des Gestänges IH den Verschlusskegel C fest gegen die Öffnung des Carbidbehälters A.

Eine Erhitzung des Calciumcarbids im Behälter A wird durch den mit Isoliermaterial gefüllten hohlen Boden G des Gefässes A verhindert.

Gaston Kern in Paris hat einen Gasbehälter mit Vorrichtung zur Herstellung von Acetylengas patentiert erhalten, den Fig. 100 in Ansicht und teilweisem Schnitt, Fig. 101 im Grundrisse der Vorrichtung, Fig. 102, 103, 104 und 105 in Einzelansichten darstellt.

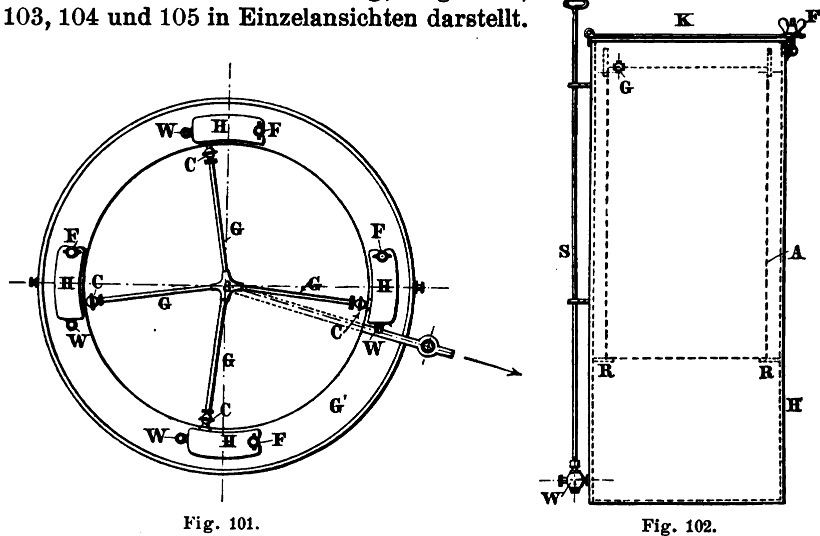


Fig. 101.

Fig. 102.

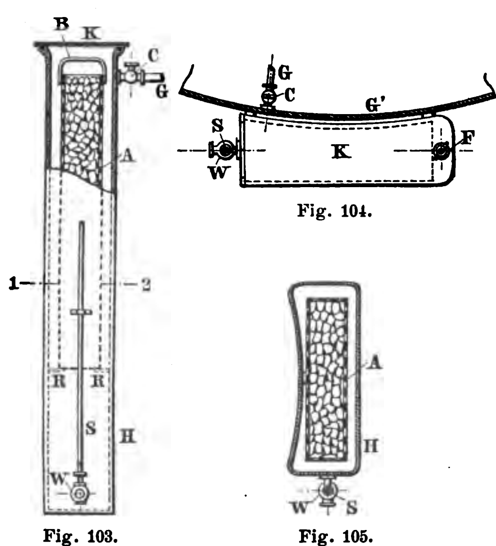


Fig. 103.

Fig. 104.

Fig. 105.

Die Vorrichtung besteht in der Hauptsache aus einem Gasbehälter G', dessen Glocke mehrere kleinere Behälter H an ihrem Umfange trägt, die den gaserzeugenden Stoff, z. B. Calciumcarbid, aufnehmen. Die Behälter sind jedoch so an der Glocke angebracht, dass sie möglichst schnell und leicht entfernt und ausgewechselt werden können. Jeder Behälter trägt am Boden einen Wassereinlasshahn W, der mittels einer Stange S bewegt werden kann. Im Innern eines jeden Behälters H befindet sich ein Korb, Sieb oder Sack A, in den das Calciumcarbid eingeführt wird, wenn der Behälter H von Wasser frei ist, d. h.

wenn Hahn W geschlossen ist. Der Behälter H ist mittels eines Deckels K (Fig. 104), einer Kautschukdichtung und Flügelschrauben vollständig dicht abgeschlossen. Auf dem Deckel oder an der Seite des Behälters ist ein Hahn C angebracht, der leicht lösbar mit dem Rohr G verbunden ist. Rohr G mündet in das Eintrittsrohr des Gasbehälters.

Das Ingangsetzen des Entwicklers geschieht auf folgende Weise: Nachdem der Behälter H bei geschlossenen Hähnen C und W gefüllt ist, wird der Deckel K geschlossen, Hahn C mit dem Rohr G verbunden und darauf geöffnet. Hiernach wird Hahn W ebenfalls geöffnet und das Wasser steigt in dem Behälter H langsam in die Höhe und tritt mit dem Calciumcarbid in Berührung, worauf die Gasentwickelung beginnt. Bei fortschreitender Entwickelung hebt sich allmählich der Gasbehälter mit den Behältern H und das Calciumcarbid tritt aus dem Wasser heraus, nachdem die Glocke zu $^3/_4$ ihres Inhaltes mit Acetylen gefüllt ist. Nach dem Verbrauch sinkt die Gloke wieder und das Calciumcarbid tritt von neuem mit dem Wasser in Berührung, worauf die Gasentwickelung ihren Fortgang nimmt.

III.

Entwickelungsapparate, bei denen das Wasser von unten an das Carbid dringt (Spülapparate).

Eine von den bisher beschriebenen Konstruktionen sehr abweichende bietet Emil Borchardt. In Fig. 106 ist A der Gasometer, der sich in dem mit Wasser gefüllten Behälter B an Rollen, dem Gasdrucke nachgebend, auf- und abbewegt. In dem gleichfalls mit Wasser gefüllten Behälter C wird die mit Calciumcarbid gefüllte Patrone hineingesetzt und die Leitung derselben mit der des Gasometers bei g gut verschraubt. Die Patrone selbst besteht 1. aus mehreren übereinander liegenden Beschickungselementen a, deren Wandungen durchlocht sind, um dem Wasser Eingang zu gewähren; 2. der sogenannten Taucherglocke b, die das nachentwickelte Gas nicht ins Freie, sondern zum Gasometer führt.

Vorgenannte Beschickungselemente a werden bis höchstens $^2/_3$ mit Calciumcarbid gefüllt, sodann wird die Taucherglocke b über vorerwähnte Elemente gestülpt und durch ein Scheid, das am unteren Rande der Taucherglocke b durch zwei Schrauben befestigt wird, mit den Beschickungselementen verbunden. Die nun zur Gaserzeugung fertige Taucherglocke wird jetzt mit geschlossenem Hahn d, in den mit Wasser gefüllten Behälter C eingesetzt und mit Bügel f befestigt. Die Verbindung g wird gut dicht verschraubt.

Da nun die Taucherglocke b nach oben durch den geschlossenen Hahn d luftdicht abgeschlossen ist, verdrängt die darin befindliche Luft das Wasser von den mit Calciumcarbid gefüllten Elementen und eine Entwickelung von Acetylen kann zunächst nicht stattfinden.' Sobald man jedoch den Hebel h vom Hahn d mit der Gasometerglocke verbindet, so öffnet man dadurch den Hahn d und die Luft entweicht in dem Gasometer A. Das Wasser des Behälters C drängt nun von unten in die Glocke b nach, tritt an das unterste mit Calciumcarbid gefüllte Element a und entwickelt solange ver-

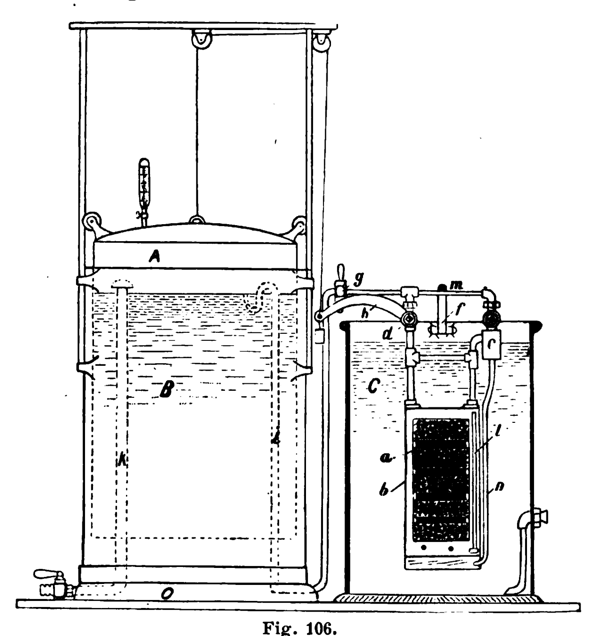


Fig. 106.

brauchsfähiges Acetylen, bis durch das Steigen des Gasometers der Hebel h von dem daran befindlichen Gewicht heruntergezogen wird und der Hahn d wieder schliesst. Die Entwickelung hört jetzt auf. Das nach Abschluss des Wasserzuflusses noch nachträglich sich entwickelnde Gas wird, soweit es sich nicht durch Wasserverdrängung in der Taucherglocke b Raum schafft, durch die Sicherheitsleitung l, m, g, i frei zum Gasometer geführt, ehe es um den unteren Rand der Taucherglocke b entweichen kann. Senkt sich die Gasometerglocke wieder in Maassgabe des Gasverbrauches, so wird auf die vorbeschriebene Weise die Acetylenentwickelung wieder so automatisch und kontinuierlich in Thätigkeit gesetzt, bis das in den Beschickungselementen befindliche Calciumcarbid verbraucht ist.

Infolge der durch den Verbrauch bedingten Entleerung muss selbstredend der Gasometer gänzlich sinken.

Etwa 1/4 Stunde vor der gänzlichen Entleerung des Gasometers berührt eine besonders angebrachte Vorrichtung den Kontakt einer am Gaswerk vorgesehenen elektrischen Klingel, dadurch ertönt die an hörbarer Stelle angebrachte Glocke, und zwar so lange, bis jemand erscheint, um eine Neufüllung zu machen. Es ist also unmöglich, mit diesem Gaswerk in Verlegenheit zu kommen. Die Grösse der Beschickungselemente ist so gewählt, dass eine Neufüllung mit Calciumcarbid nach Maassgabe des Verbrauches etwa alle 3—4 Tage erforderlich ist. Die Füllung kann von jedem Laien ausgeführt werden und bedarf keiner besonderen Wartung.

Bei diesem Apparate tritt, wie erwähnt, das Wasser von unten an die durch Luftzwischenräume getrennten Calciumcarbidbehälter der Reihe nach heran, sobald nach entsprechendem Gasverbrauche der automatisch arbeitende Hahn d sich öffnet; es ist somit ausgeschlossen, dass das Wasser resp. die Feuchtigkeit sich durch das ganze in den Beschickungselementen befindliche Calciumcarbid fortpflanzt und so wider Willen das ganze Quantum Calciumcarbid mit einem Male zur Entwickelung bringt. Es geschieht dies vielmehr in periodischen Zwischenräumen, welche durch die zwischen den einzelnen Elementen liegenden Luftschichten bedingt sind.

Acetylengaserzeuger von Georg Webb und Joseph William Kelly in London. Wie aus Fig. 107 der beiliegenden Zeichnung zu ersehen, besteht der Gaserzeuger aus einem Gefäss a, welches unten durch einen Boden a[1] mittels Gewinde verschlossen werden kann und an seinem oberen Teile mit dem durch einen Hahn a[3] verschliessbaren

Fig. 107.

Gasauslass a[2] versehen ist. Dieses Gefäss a dient zur Aufnahme eines Calciumcarbid enthaltenden Behälters b, durch welchen sich ein Rohr c erstreckt. Das Gefäss a steht durch ein Rohr e mit einem Wassersack d oder dergl. in Verbindung, welcher durch ein Gewicht d[1] beschwert ist. Ausserdem ist auf dem oberen Teile des Sackes eine

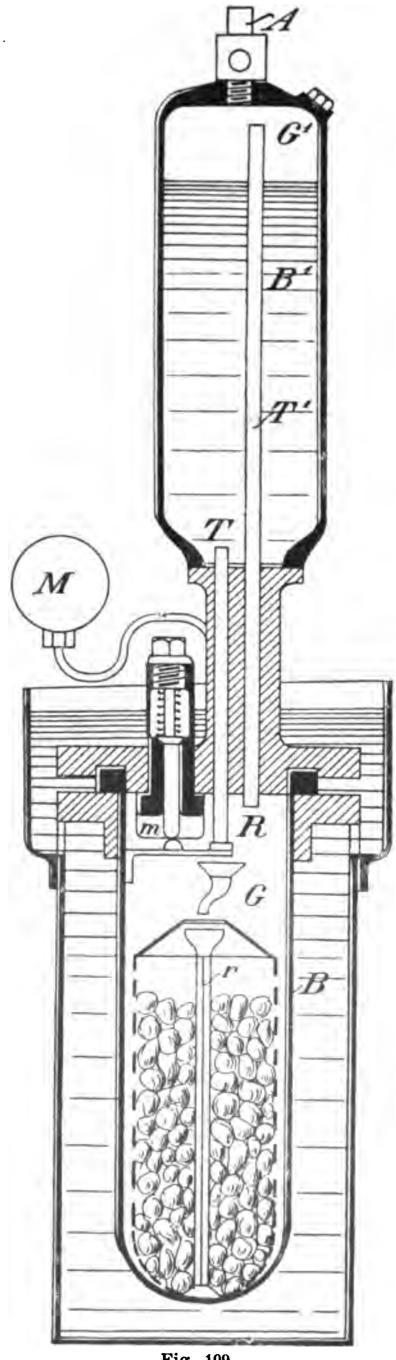


Fig. 109.

Rolle g angebracht, auf welcher die durch Gewicht f^2 beschwerte Stange f^1 eines in das Rohr e eingeschalteten Ventils f (Fig. 108) ruht. Die Vorrichtung wirkt in folgender Weise: Sobald der das Calciumcarbid enthaltende Behälter b mit dem Rohre c in das Gefäss a geschoben und dieses

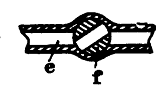


Fig. 108.

durch den Boden a^1 geschlossen ist, wird das Ventil f geöffnet, welches dem Wasser des Sackes d den Eintritt in das Gefäss a gestattet, wobei das Wasser mit Hilfe des Gewichtes d^1 durch das centrale Rohr c aufwärts gepresst wird, um über das Calciumcarbid zu fliessen und so Gas zu erzeugen. Der Druck des erzeugten Gases treibt nun das Wasser wieder abwärts und zurück in den Sack, welcher sich wieder ausdehnt und dabei auf die Stange f^1 wirkt, um nach und nach die Durchgangsöffnung des Ventils f zu verkleinern. Nach dem Öffnen des Hahnes a^3 wird der Gasdruck nach und nach geringer, sodass infolge der Einwirkung des Gewichtes d^1 auf dem Wassersacke d das Ventil f sich wieder mehr und mehr öffnet und dem Wasser Zutritt zu dem Calciumcarbid gestattet. Dieses Spiel wiederholt sich so lange, als Calciumcarbid in dem Behälter b vorhanden ist.

In Fig. 109 ist im Vertikalschnitt ein Apparat System Ducretet & Lejeune gezeichnet, der dieselbe Idee verwirklicht, wie die soeben beschriebene, jedoch

mit dem Unterschiede, dass sich hier das Wasser über dem Carbidbehälter befindet und durch eine besondere Vorrichtung unter das Carbid geführt wird, sodass der Angriff ebenfalls von unten her erfolgt, aber das Wasser rechtzeitig abgeschlossen und nicht zurückgetrieben wird. Streng genommen, gehört dieser Apparat nicht in diese Kategorie, aber noch weniger in eine der anderen Klassen. Nach der Abbildung besteht der Apparat aus einem Behälter B, in welchen die Calciumcarbidstücke eingebracht werden, aus denen das Gas durch Hinzutritt von Wasser entwickelt werden soll. Über dem Behälter B ist ein zweiter Behälter B^1 angebracht, der mit B durch ein Rohr T in Verbindung steht, durch welches das in B enthaltene Wasser dem Calciumcarbid zufliesst. Durch den Behälter B führt ein zweites Rohr T^1, von dem Behälter B ausgehend, hindurch, und zwar ragt dasselbe bis über das Wasserniveau in B^1 hinaus; es dient zur Ableitung des in B sich entwickelnden Gases, wodurch eine regelmässige Druckausgleichung in den oberen Räumen G, G^1 beider Behälter stattfindet. Die beiden Behälter B und B^1 sind miteinander durch eine Muffe fest verbunden. Da das in den oberen Raum vom B^1 tretende Gas natürlich einen Druck auf das Wasser ausübt und dasselbe in verstärktem Maasse in den Behälter B zu drücken strebt, ist an dem Wasserrohre T eine Reguliervorrichtung angebracht, die aus einer mittels einer unter Federdruck stehenden Regulierschraube mehr oder weniger an der Öffnung des Rohres T anliegenden Blattfeder besteht und je nach dem gewünschten Grade der Gasentwickelung im Behälter B eingestellt wird, sodass der Wasserzufluss selbständig den Schwankungen des Gasdruckes folgen kann. Steigt dieser Druck in B, dann schliesst die Blattfeder den Wasserzufluss ab und vermindert die Entwickelung des Acetylens — oder hebt sie ganz auf; fällt der Druck, dann überwiegt die Spannung der Feder und es kann wieder mehr Wasser nach B überfliessen. Der Schluss des Rohres T durch Ventil R wird also dadurch herbeigeführt, dass durch den in G herrschenden stärkeren Druck die mit der äusseren Atmosphäre in Verbindung stehende gespannte Membrane m soweit nach oben durchgedrückt wird, dass sie der auf Schluss des Rohres wirkenden Feder keinen Widerstand mehr entgegensetzt. Um die Vorgänge im Apparate überwachen zu können, ist ein Manometer M mit dem Behälter B in Verbindung gebracht. Das geschlitzte Rohr r dient zur Zuführung des Wassers zum Carbid.

Den bei der Zersetzung des Calciumcarbids im Behälter B sich bildenden Kalk entfernt man von Zeit zu Zeit durch einen in geeigneter Weise angebrachten Ablasshahn, welcher in der Figur nicht angegeben ist. Von dem Apparat aus kann das Gas durch die Leitung A ohne weiteres zur Verbrauchsstelle fortgeführt werden.

In Fig. 110 ist der Apparat von Viardot dargestellt, der gleichfalls in diese Klasse von Entwicklern gehört. Das Carbid wird unter Heraufklappen des Hebels o und Deckels f in den Raum D geschüttet, aus dem es in den Generator B auf den an der Stange g befindlichen Rost gelangt. Der Wasserraum A kommuniziert mit seinem Inhalte mit dem Raume B. Das Wasser in B und A steht vor Inbetriebsetzung des Generators in genau gleicher Höhe und zwar so, dass es an den Carbidrost heranreicht. Sobald das Carbid

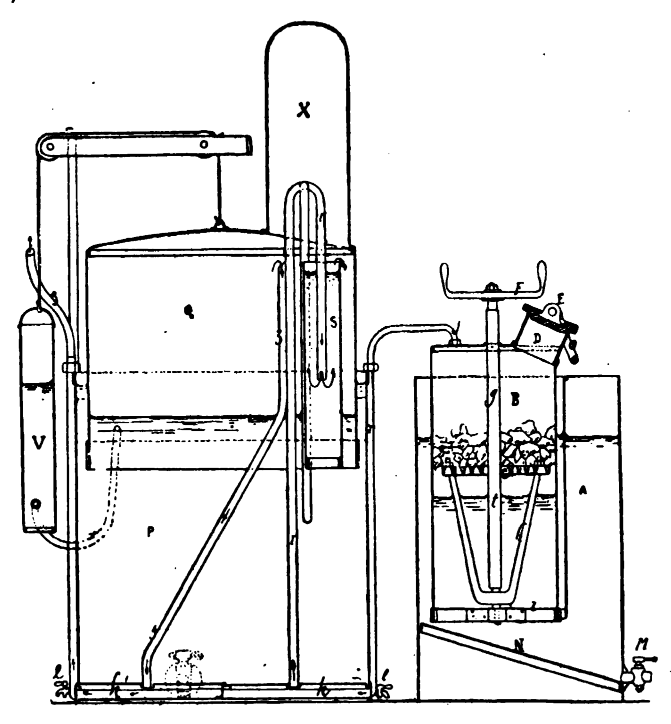


Fig. 110.

vom Wasser berührt wird, entwickelt sich Acetylen, welches durch Rohr T und k zunächst in den Reiniger S und hierauf in die Gasometerglocke Q gelangt. Ist die letztere genügend gefüllt, so staut sich das Gas und wird sich im Raume B ausdehnen, infolgedessen das Wasser nach A zurückdrücken, wie es die Abbildung (Fig. 110) zeigt, und da das Wasser von dem Carbidroste entfernt wird, hört die Entwickelung, bis auf die geringe Nachgasung, auf. Das Prinzip ist bei allen Apparaten dieser Klasse fast stets dasselbe. Der Kalkschlamm rutscht über N nach dem Hahne M, wo er entfernt werden kann. H ist die über dem Rohrsysteme r S laufende Blechhaube,

da sich die Rohre innerhalb des Gasometers befinden. Die übrige Funktion des Apparates ergiebt sich aus der Zeichnung.

Einen recht kompendiösen Generator stellt Fig. 111 dar, der von der »Société du Gaz Acétylène« konstruiert ist. Das Carbid befindet sich in den durchlochten Bechern C D. Wird in den Behälter N Wasser gegossen, so steigt dasselbe durch den Kanal E zu den Bechern hinan und entwickelt Acetylen, welches durch die Isolierplatte A und den Dom B in Rohr R und von hier zu dem Gasometer resp. den Brennern gelangt. Hahn S dient zum Entfernen des Kalkschlammes, Hahn T zur Leerung des Behälters N. Ist der Druck in A und B zu gross, so wird das Wasser durch E

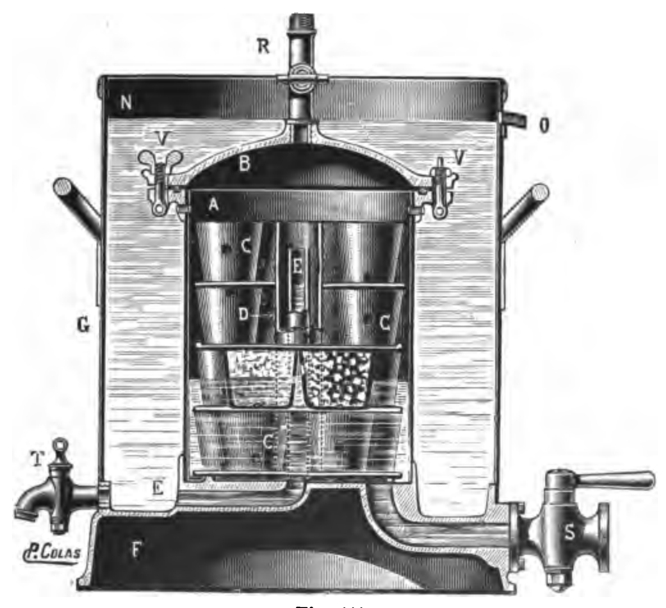


Fig. 111.

nach N zurückgepresst und kann durch das Sicherheitsrohr O ausströmen. Genügt diese Beseitigung eines Teiles des Wassers nicht, so kann auch das Acetylen nach dem Hinausdrücken des Wassers, durch Rohr O entweichen.

IV.

Überschwemm- oder Überlauf-Apparate.

Die Überschwemm-Apparate, d. h. solche Apparate, bei denen das Wasser nicht auf des Carbid tropft, sondern das Carbid von oben her überschwemmt wird, sind gewissermassen eine Unterklasse der Tropfapparate. Einen in diese Klasse gehörigen, recht

einfachen Apparat von Nestor Bon (Bougival) hat die »Compagnie continentale d'éclairage par le gas acétylène« auf den Markt gebracht (Fig. 112). Das zum Auflösen des Calciumcarbids notwendige Wasser befindet sich in irgend einem separaten hochgelegenen Behälter, der in der beistehenden Zeichnung des Apparates

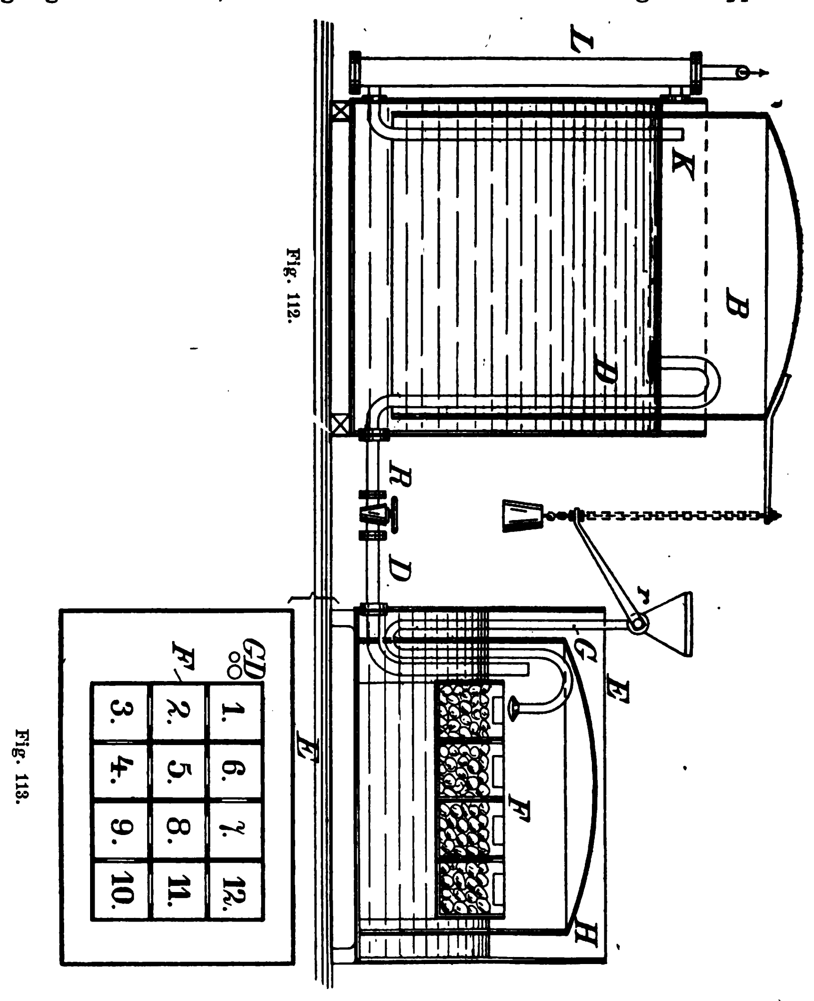


Fig. 112.

Fig. 113.

nicht angeführt ist. Aus diesem Behälter läuft das Wasser in den Trichter des Rohres G und von hier weiter durch das erwähnte Rohr G auf das Carbid. Letzteres befindet sich in einem in einzelne Zellen geteilten Kasten F, der in vorliegendem Falle zwölf Abteilungen enthält und in Fig. 113 im Grundriss veranschaulicht ist.

Der äussere Kasten E ist oben offen und bis zur knappen Hälfte mit Wasser gefüllt, das den Einsatzkasten F nur umspült, aber nicht bis zum Carbid dringen kann. Die Glocke H schliesst den Kasten in Verbindung mit dem Wasser in dem Behälter E und wird oben durch einen Bügel, der in der Figur der Klarheit halber nicht gezeichnet wurde, festgehalten, damit die Glocke durch den Gasdruck nicht gehoben werden kann. Grösse und Anzahl der Zellen richten sich nach der Grösse der gewünschten Produktion. Jede Zelle kann bis 2 *kg* Carbid enthalten. In den Scheidewänden der ihrer Nummer nach aufeinanderfolgenden Zellen befinden sich am oberen Rande Ausschnitte, über die sich nach Füllung der vorhergehenden Zelle das Wasser in die nächstfolgende ergiesst. Da der Gasometer B nur so gross ist, dass er gerade durch die aus einer Abteilung sich entwickelnde grösstmöglichste Gasmenge erfüllt wird, so wird das in die Abteilung 1 eingeführte Wasser nicht eher in die Abteilung 2 übertreten, als bis das in 1 enthaltene Carbid vollständig zersetzt ist, und nach 3 erst dann, wenn sich in 1 und 2 kein Gas mehr entwickeln kann. Hierdurch wird auch eine etwaige Überproduktion an Gas verhindert, denn wenn eine der Abteilungen vollständig mit Wasser gefüllt wird, entwickelt sich so viel Gas, dass der Gasometer seinen höchsten Stand erreicht und der Hahn r vollständig abgesperrt wird, eine eigentliche Überproduktion also gar nicht eintreten kann.

Das im Erzeuger entwickelte Gas wird durch die Leitung D in den Sammelbehälter übergeführt, woselbst es unter Wasser austritt, um sich zu kühlen und die Verunreinigungen auszuscheiden. Es ist zweckmässig, wie schon mehrfach erwähnt, für den Sammelbehälter nicht gewöhnliches, sondern Salzwasser zu verwenden, weil das Acetylen von letzterem viel weniger absorbiert wird.

In der Leitung D ist ein Dreiweghahn R eingeschlossen, der die Verbindung zwischen Erzeuger und Sammelbehälter herzustellen und zu unterbrechen oder beide mit der äusseren Luft in Verbindung zu setzen hat. Bevor das im Sammelbehälter enthaltene Gas durch die Leitung K zu den Brennern gelangt, wird es noch in dem Behälter L getrocknet und gereinigt. Derselbe enthält zu unterst eine mit Kupfersulfat getränkte Bimssteinfüllung, die den Phosphor- und Arsenwasserstoff zurückhält, und darüber eine Lage Calciumcarbid, welches zur Trocknung dient.

Der Apparat der »Compagnie du Gaz Nouveau« in Paris. Das wesentliche Merkmal des Apparates liegt darin, dass durch eigenartige Anordnung dieser Organe eine selbstthätige Regelung des Wasserzuflusses nach Maassgabe des Verbrauches von Gas bezw. seiner Erzeugung in den Entwickelungsgefässen bewirkt wird. Diese

Regelung des Wasserzuflusses wird dadurch erzielt, dass im Wasserbehälter, welcher das zur Reaktion nötige Wasser aufnimmt, ein Schwimmer angebracht ist, durch dessen tieferes oder flacheres Eintauchen der Wasserstand dieses Behälters beeinflusst wird.

In Fig. 114 der beistehenden Zeichnung ist eine Ausführungsform der bezeichneten Konstruktion dargestellt. In diesem Beispiel besteht

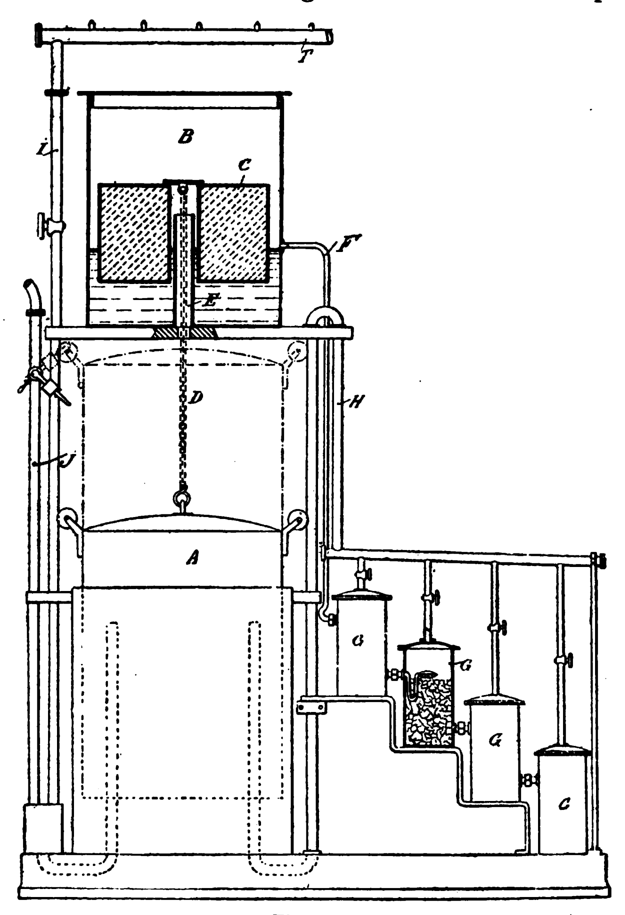


Fig. 114.

der Gasbehälter aus einer gewöhnlichen Gasometerglocke A. Der Wasserbehälter B ist über diesem Gasometer angebracht. In dem Wasserbehälter bewegt sich der Schwimmer C, welcher direkt an die Gasometerglocke durch eine Stange oder Kette D angeschlossen ist, derart, dass er den Bewegungen der Gasometerglocke stets zu folgen gezwungen ist. Ein centrales Rohr E, welches durch den

Behälter geht, dient der Stange oder Kette D zur Führung und überhebt der Notwendigkeit, die Kette oder Stange flüssigkeitsdicht durch den Boden des Wasserbehälters durchführen zu müssen.

Wenn die Gasmenge im Gasometer A sich vermindert, so sinkt die Glocke und nötigt dadurch den Schwimmer C, dieselbe Bewegung auszuführen. Dadurch wird unmittelbar das Wasser im Behälter steigen. Sobald es die Öffnung des Überlaufrohres F erreicht, wird eine gewisse Menge Wasser aus dem Behälter austreten und nach dem Gasentwickelungsgefäss G abfliessen. Nun wird in G eine Gasentwickelung stattfinden und das erzeugte Gas durch das Ableitungsrohr H in den Gasometer A übertreten. Dadurch wird ein Steigen der Glocke bewirkt und das Wasser im Behälter kann infolge des gleichzeitigen Steigens des Schwimmers C sinken, sodass ein weiterer Wasserzufluss nach dem Entwickler aufhört. Der Gasentwickler selbst kann auf verschiedene Weise konstruiert sein, er kann einfach oder aus mehreren Einzelapparaten zusammengesetzt sein.

Die Grössenverhältnisse des Schwimmers und Gasometers sind derart gewählt, dass der Gasrest in dem Gasometer genügend gross ist, sodass bei dem automatischen Ersatz des einen erschöpften Entwicklers durch einen zweiten frischen keine Unterbrechung der Thätigkeit des Apparates stattfindet. Im Falle man ebenso viel Wasserbehälter als Entwickelungsgefässe anwendet, können die Wasserbehälter übereinander angeordnet sein, wie dieses in Fig. 115 dargestellt ist. In diesem Beispiel sendet zuerst der obere Behälter sein Wasser in den entsprechenden Entwickler herab. Wenn dieser erschöpft ist, wird die niedersinkende Gasometerglocke die Kette D anziehen, so lange, bis die an derselben befestigte Scheibe d^1 sich auf die Oberfläche des Schwimmers C^1 auflegt und diesen nach unten mitnimmt, sodass jetzt das Wasser in dem Behälter B^1 steigt und den entsprechenden Entwickler in Thätigkeit setzt.

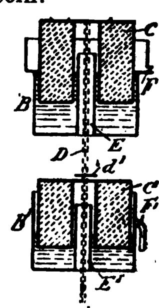


Fig. 115.

Bei dem Apparat der Firma Ehrich & Graetz in Berlin (Fig. 116) ist im Entwickler A, auf einem Schneckengang aufsteigend, eine Anzahl Metallbüchsen g mit lose aufliegendem Deckel h angebracht, von denen immer nur in einer Büchse das Carbid zur Entwickelung gebracht wird. Da die in der Entwickelung befindliche Büchse sich immer unter Wasser befindet, muss das entwickelte Acetylen erst durch das Wasser streichen. Durch die jedesmalige geringe Entwickelung von nur einer Büchse kann keine Wärmeentwickelung eintreten, da durch einen automatisch wirkenden Heber die in der Entwickelung begriffene Büchse stets unter Wasser gesetzt wird.

An dem Gasentwickler ist jede Anbringung von Hähnen vermieden. Durch einen besonders konstruierten Anzeiger kann zu jeder Zeit festgestellt werden, wie viel Büchsen mit Calciumcarbid noch nicht entwickelt sind. Ferner ist der Apparat mit einem Centralkondensator M, welcher selbstthätig entwässert, versehen; dieser Central-

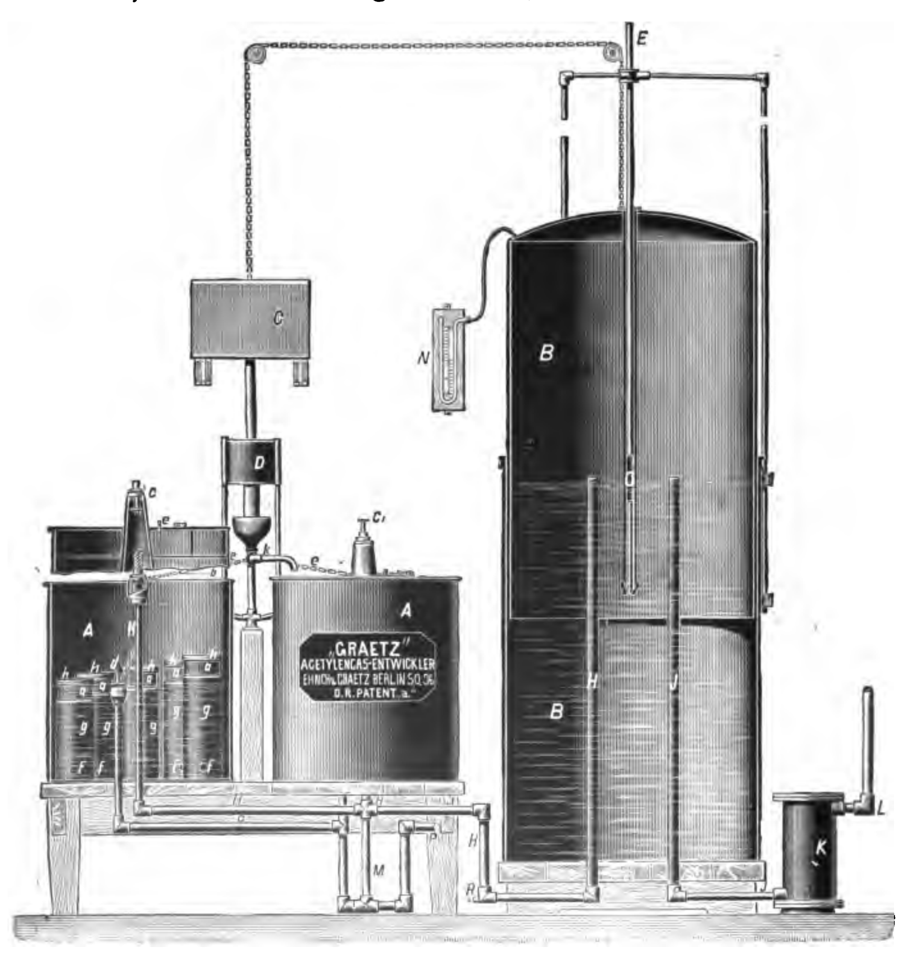


Fig. 116.

kondensator ist ausserdem derartig konstruiert, dass das Acetylen beim Übertritt vom Entwickler zum Gasometer B gereinigt wird und vom Gasometer nicht mehr in den Entwickler zurücktreten kann, da sich durch den Kondensator zwischen Gasometer und Entwickler ein Wasserverschluss bildet. Ein automatisches Luftventil c bewirkt,

dass die im Entwickler befindliche Luft von selbst entweichen kann und nicht mit dem Acetylen zusammen in den Gasometer gedrängt wird. Bei jeder neuen Beschickung des Entwicklers wird das gebrauchte Wasser, welches klar bleibt, durch die Rohrleitung G zwischen Entwickler und Kondensator getrieben, wodurch etwaige vom Gase mitgeführte Teilchen hinweggeschwemmt werden und ein Verstopfen der Rohre verhindert wird.

Behufs Neufüllung eines Entwicklers wird der am Entwickler befindliche, mittels einer Kette über eine Rolle bewegliche Steuerkasten D genommen und das in diesem angesammelte Wasser ausgegossen, darauf durch eine Drehung nach links die Glocke des Entwicklers gelöst, herausgehoben und mittels der im Entwickler hängenden Kette das Wasserventil k geöffnet, worauf das Wasser durch den Kondensator abfliesst. Alsdann nehme man die Büchsen heraus. Die neu gefüllten Büchsen stellt man nun in die im Entwickler angebrachten Hülsen, befestigt solche mittels einer kleinen Drehung nach rechts und verschliesst den Entwickler wieder mit der Glocke, und zwar so, dass die in der Glocke befindliche Einfüllöffnung unter den Wasserverteiler k zu stehen kommt. Der Wasserkasten C wird wieder mit Wasser gefüllt, worauf der Entwickler nunmehr wieder gebrauchsfertig ist und bei Bedarf durch den Steuerkasten und Wasserverteiler automatisch in Thätigkeit gesetzt wird.

Auf diese Weise kann man abwechselnd stets einen Entwickler neu füllen, ohne den Betrieb zu stören, so dass der Apparat, ohne überanstrengt zu werden, ununterbrochen thätig sein kann.

Apparat von Emil Engasser in Colmar i. E. Der Apparat besteht, wie die Abbildung (Fig. 117) zeigt, aus dem Gasentwickler E, der Gasglocke oder Behälter G G und dem Wasserreservoir R. Der Betrieb des Apparates ist folgender: Der Einsatz mit den staffelförmig übereinander stehenden Behältern F wird aus dem Entwickler E herausgehoben, die Behälter ziemlich eben mit Calciumcarbid gefüllt und nach Wiedereinsetzen derselben in den Entwickler dessen Deckel fest verschlossen. Hierauf wird das Reservoir R, welches den gleichen Wasserinhalt wie der Entwickler E fasst, mittels Wasserleitung oder Pumpe mit Wasser gefüllt und der Hauptkran K geöffnet.

Da bei leerem Gasbehälter G die Glocke unten aufsitzt, so ist der Hebel B am Eingangshahn A hochgezogen und der Hahn dadurch geöffnet. Es tritt also Wasser durch den Hahn A in den Entwickler E, überschwemmt den untersten mit Calciumcarbid gefüllten Behälter F, dessen Carbidfüllung gerade hinreicht, um nun so viel Gas zu erzeugen, als zur Füllung der Glocke G nötig ist. Durch das Steigen der Glocke G sinkt der Hebel B langsam und schliesst endlich den Hahn A ab. Der Wasserzutritt ist nun geschlossen. Will man jetzt

beleuchten, so giebt die Glocke G das Gas ab, dabei entsprechend der Gasentnahme allmählich wieder sinkend, es öffnet sich dadurch der Hahn A und tritt nun das Wasser zum zweituntersten Behälter F und so fort bis alle fünf Behälter überschwemmt sind.

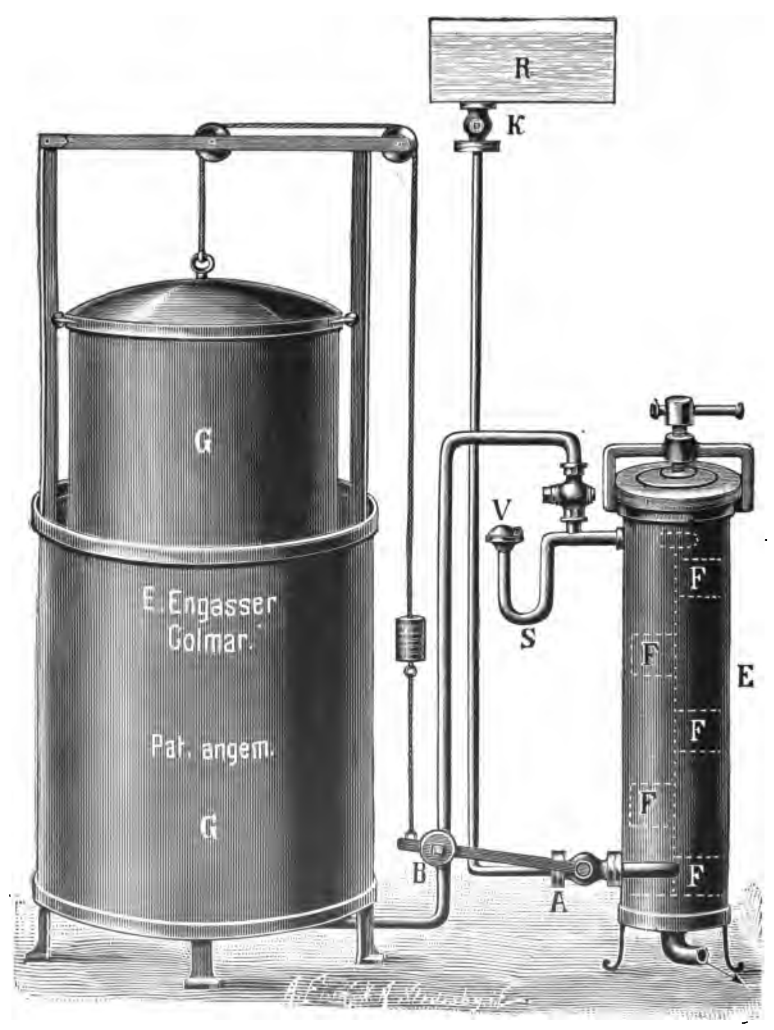


Fig. 117.

Am Entwickler, der den fünffachen Druck der Glocke aushalten kann, ist ein Wassersiphon S mit Ventil angebracht; sollte daher je einer der Behälter F mit zuviel Carbid gefüllt worden sein, was nur durch Nachlässigkeit geschehen könnte, so würde sich auch zu

viel Gas bilden, der starke Überdruck würde das Wasser zum Siphon S herausblasen und das überschiessende Gas könnte entweichen, worauf das Ventil V sich selbstthätig wieder schliesst; doch kann dieser Fall um so weniger eintreten, als die Glocke stets grösser als erforderlich gebaut ist. Ein Vorzug des Apparates liegt 'darin, dass kein Calciumcarbid durch Feuchtigkeit angefressen werden kann, weil dieses sich auf mehrere der Behälter F verteilen lässt und nur soviel davon zersetzt wird, als zum augenblicklichen Bedarf oder zur Füllung des Gasbehälters G notwendig ist.

V.

Ersäufapparate.

Dieses System ist am spärlichsten kultiviert worden und weist nur wenige Konstruktionen auf, von denen zwei typische nachstehend folgen. In eigenartiger Weise wird diese Erzeugungsart des

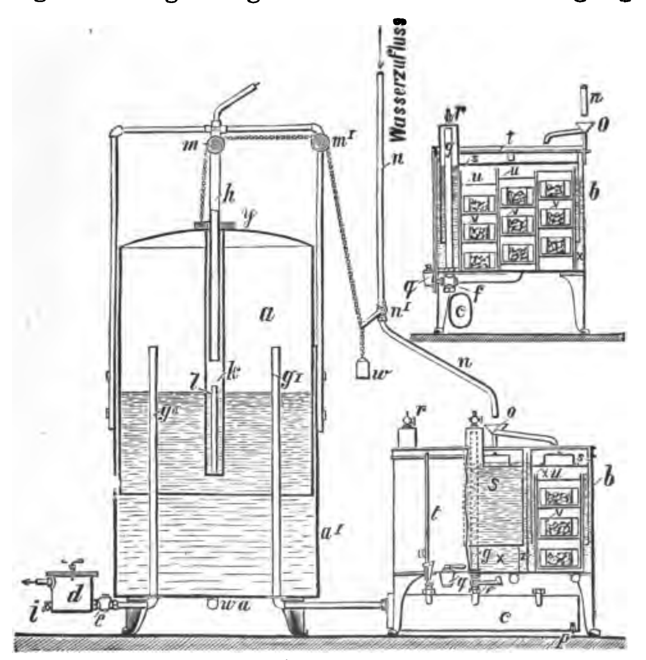


Fig. 118.

Acetylens bei den von der Firma F. Butzke & Co., Aktien-Gesellschaft für Metallindustrie, Berlin, hergestellten Apparaten »Universal« (Fig. 118) vorgenommen.

Im Entwickelungsbehälter werden einzelne Carbidkästen aufgestellt, welche nur zum Teil mit Carbid gefüllt werden können, und

ist die Berechnung so getroffen, dass dieselben mit dieser Füllung Carbid schwimmfähig sind. Über diese Kästen sind in verschiedener Höhe Sperrvorrichtungen angebracht. Der Vorgang bei der Entwickelung ist folgender:

Sinkt durch die Entnahme von Gas die Auffangglocke a, so öffnet sie durch den Zug, der über die Rollen m m^I gelegten Kette, den Wasserhahn n; das Wasser läuft über den Deckel des Entwicklers und bildet hier, indem es den Raum zwischen Innenbehälter des Entwicklers, Entwicklerdeckel und Aussenbehälter ausfüllt, einen Wasserverschluss und gelangt, über den Rand des Innenbehälters des Entwicklers überfliessend, auf den Boden des Innenbehälters. Hier hebt es die einzelnen Carbidkästen solange, bis einer derselben durch eine Sperrvorrichtung am weiteren Steigen verhindert wird, das Wasser tritt in den äusseren Kasten des Carbidbehälters ein, ohne noch zum Carbid zu gelangen, worauf dieser Carbidbehälter, wenn er durch den Wasserzutritt genügend beschwert ist, ebenso tief unter Wasser versinkt, als er vorher gehoben wurde. Es findet sodann die Entwickelung des gesamten Carbids dieses Behälters statt, während das entwickelte Gas durch den Dom in das Gasrohr g gelangt, den Wasserabscheider c passiert, aus dem Rohr g^{II} in die Glocke eintritt und diese hebt, worauf durch den Zug des Gegengewichtes w der Wasserzufluss wieder unterbrochen wird und solange pausiert, bis durch weitere Entnahme dasselbe Spiel von neuem beginnt.

Ist eine Entwicklerabteilung vollständig aufgebraucht, so läuft das Wasser, da eine neue Entwickelung nicht stattfindet, so lange in diese Entwicklerabteilung, bis es über die Zwischenwand nach der nächsten Abteilung überlaufen kann, und beginnt hier dasselbe Spiel von neuem. Indem das Niveau des Wassers bis zur Höhe des Überlaufes nach der nächsten Abteilung steigt, verdrängt es zugleich aus dem betreffenden Entwickler das unter dem Deckel noch befindliche Gas, sodass bei einer Erneuerung des Entwicklers Acetylen nicht mehr vorhanden ist. Soll eine dieser Entwicklerabteilungen neu beschickt werden, so wird das darin befindliche Wasser abgelassen, der Deckel abgehoben und der Inhalt der Kästen erneuert. Einfach und von sicherer Wirkung ist auch das Sicherheitsventil l k in der Auffangglocke, welches ohne jede Drucksteigerung einen Austritt des Gases bei Überlastung der Glocke gestattet und ebenfalls durch Wasserverschluss dichtet. Zweifellos sind Wasserverschlüsse bei derartigen Apparaten, da sie sich nicht abnutzen, als absolut zuverlässig zu betrachten.

Bei dem Apparat der »Acetylen-Industrie-Gesellschaft« in Berlin (Fig. 119) befindet sich das Carbid in viereckigen Büchsen, deren

Boden mit Blei ausgegossen ist. Der Verschluss der Büchsen zum Schutze einer Vorvergasung geschieht durch die dicht anschliessenden Schwimmer c c′, welche beim Fallen durch den Auftrieb des Wassers gehoben werden und das Ersäufen der Büchsen ermöglichen. Je fünf Büchsen hängen an doppelten, auf den zwei Wellen a a′ lose montierten, drehbaren Hebeln. An einem hakenförmigen Hebelarm hängen die Büchsen, während der andere Hebelarm mittels Rollen

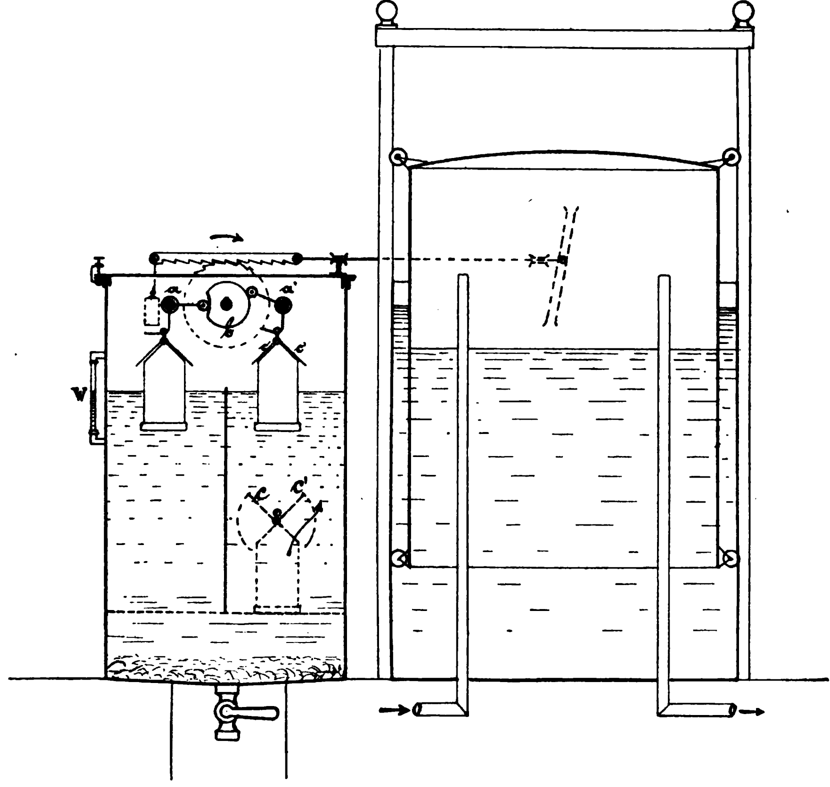


Fig. 119.

auf der Scheibe aufliegt. Auf der von der Gasometerglocke zur Drehung gebrauchten Welle b sind fünf Scheiben in bestimmten Abständen befestigt, welche eine um $^1/_5$ der ganzen Drehung versetzte, dem Drehkreise der Hebel angepasste Aussparung besitzen. Sobald die Rolle die Aussparung passiert, d. h. an der Scheibe den Halt verliert, fällt die Büchse aus dem Hebel ins Wasser. Auf dem Siebboden des Entwicklers befindet sich ein herausnehmbares Kastenkreuz, so dass jede ins Wasser fallende Büchse in ein solches Abteil

fällt und mit einer bereits heruntergefallenen nicht kollidieren kann. Bei jedem Apparat sind zwei Entwickler; sobald der eine erschöpft ist, beginnt der andere mit der Gaserzeugung. Die Reinigung und Neubeschickung geschieht sehr einfach. Am Deckel hat der Entwickler Gummidichtung mit Klemmschraubenverschluss. Das Wasser wird abgelassen, der Kalkschlamm beseitigt, die neugefüllten Büchsen eingehängt und der Deckel geschlossen. Das Wasser tritt von unten ein und ist die genügende Wasserhöhe im Entwickler am Wasserstandsglase ersichtlich.

VI.

Entwickelungsapparate, bei denen das Carbid in kleinen Portionen selbstthätig in das Wasser fällt.

Zu diesen Apparaten gehört zunächst derjenige von Robert Campe (Fig. 120). Derselbe ist nach der Mitteilung des Erfinders in der Absicht konstruiert, sofort nach dem Aufdrehen und Anzünden die Flamme in ihrer vollen Grösse zu ermöglichen. Auf der Grundplatte a ist ein geschlossener, teilweise mit Wasser gefüllter Behälter e eingelassen und zwei konzentrische Cylinder b und e, die durch die Verschraubung d mit zwei anderen konzentrischen Cylindern m und n verbunden sind. Um die bei der Acetylenerzeugung entwickelte Hitze nicht fühlbar zu machen, ist der ringförmige Raum zwischen dem inneren und äusseren Cylindern mit Asche oder Asbest ausgefüllt. In den Cylinder n ist ein Rumpf q mit pulverförmigem Calciumcarbid eingehängt, der an seiner unteren Öffnung mit einer Verteilungsvorrichtung t, wie ersichtlich einer mit Längsrippen versehenen Welle, ausgerüstet ist, für deren Drehung das Uhrwerk g sorgt.

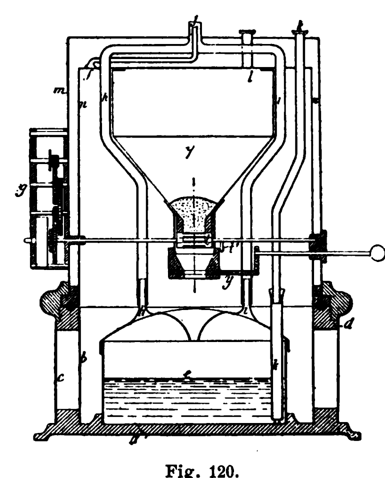


Fig. 120.

Bei der Umdrehung lassen die Nuten zwischen den Vorsprüngen immer eine kleine Menge Calciumcarbid mit und lassen es in einen Raum r fallen, aus dem es nach Maassgabe der in Öffnung o des von aussen zu verstellenden Schieberventils y nach unten fällt. Die Welle des Verteilers t trägt einen Daumen t′, der gegen den senkrechten Arm des Schiebers schlägt, wenn letzterer völlig geschlossen ist und damit die Drehung der Welle unterbricht. Von dem Dach des Behälters e gehen zwei senkrechte Röhren aus, die

die Decke des inneren Cylinders n durchsetzen und sich zu einer einzigen Leitung j vereinigen, durch die das erzeugte Acetylen ausströmt. Das Rohr K ist bis nahe auf den Boden des Behälters e geführt, wird dicht oberhalb des Apparates durch eine Überfangschraube verschlossen und dient zum Einfüllen des Wassers, dessen Spiegel die Mündung des trichterförmigen Deckels nicht erreichen darf. Der Deckel des inneren Cylinders n ist mit zwei Abzugsröhren versehen, deren eine f in das Hauptrohr übergeht und deren andere l, ebenfalls mit einer Schraube geschlossen, zum Einfüllen des Calciumcarbids dient. Sobald das letztere durch den Verteiler nach e befördert wird, findet eine lebhafte Acetylenentwickelung statt. Um die Gaserzeugung zu unterbrechen, schliesst man das Schieberventil v. Sowie das Ventil wieder geöffnet wird, fällt eine genügende Menge von Calciumcarbid in das Wasser, um den nötigen Druck wieder hervorzubringen, denn man schliesst den Schieber beim Auslöschen nur soweit, dass er zwar kein Calciumcarbid aus dem Raum r herausfallen lässt, aber den Daumen t′ noch nicht aufhält, sodass der Verteiler sich weiter dreht und den Raum vollständig mit Carbid anfüllt. Erst nach einiger Zeit wird der Schieber völlig geschlossen und überdies hört der Verteiler auf, sich zu drehen, sobald er vollständig von dem Pulver umgeben ist. Es ist sonach erklärlich, dass beim Öffnen des Schiebers sofort eine grössere Menge Calciumcarbid in das Wasser fällt und eine reichliche Gasentwickelung verursacht. Umgekehrt wird die Entwickelung beim Schliessen des Ventils fast momentan unterbrochen und kann durch verschiedene Stellung desselben in weiten Grenzen reguliert werden.

Die Gaserzeuger »Industrielle«, altes Modell der Pariser »Société du Gaz Acétylène«, sind nach dem gleichen Prinzip: »Einbringen des Carbids ins Wasser« konstruiert und werden mit der Hand bedient. Die Konstruktion eines solchen Gaserzeugers ist nach der umstehenden Abbildung (Fig. 121) folgende:

In einer aus Kesselblech hergestellten cylindrischen Kühlwanne P steht der ebenfalls aus Eisenblech hergestellte, innen verzinkte Wasserbehälter A, der als eigentlicher Entwickler dient und mit Deckel B versehen ist, welcher mit Gasabführhahn E und Manometerhahn D armiert ist. Zum Einbringen des Carbids in den $^2/_3$ mit Wasser gefüllten Entwickler dient der im Deckel centrisch eingesetzte Fülltrichter C, welcher zum selbstthätigen Abschluss mit dem durch Führungsstange K zu handhabenden Schwimmerventil J versehen ist.

Das durch den Fülltrichter C eingeworfene, bei Hinabdrücken des Schwimmerventils J in den Wasserraum gelangende Carbid zersetzt sich und das sich entwickelnde Acetylengas steigt durch das Wasser in den oberen wasserfreien Gasraum des Entwicklers, von

wo dasselbe durch den Hahn E abgeführt wird, wogegen der als Rückstand sich ablagernde Kalkschlamm jeweilig durch den Entleerungshahn R mit Kapsel Q abgelassen wird.

Zwecks Kühlung cirkuliert in der Wanne P Kühlwasser. — N ist das Wasserstandsglas.

Dieser Gaserzeuger arbeitet für gewöhnlich mit 160 — 200 *mm* Druck, welcher bei eventuellen Störungen maximal 700 *mm* erreichen

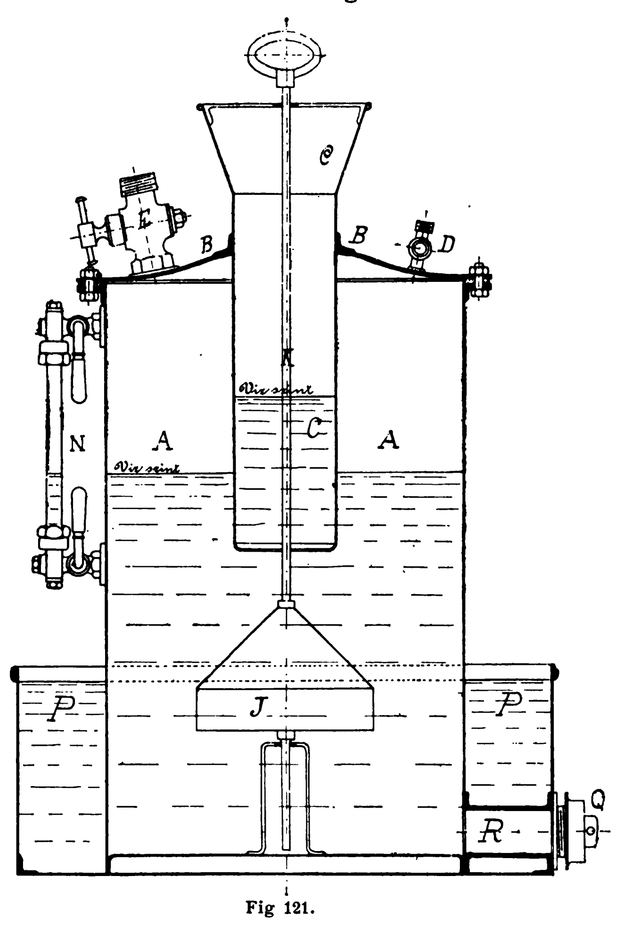


Fig 121.

kann, da bei Übersteigung dieses Druckes das Zersetzungswasser und endlich das Gas selbst durch den Fülltrichter C hinausgetrieben wird, welcher also auch als Sicherheitsrohr dient.

Ein bedeutend einfacherer Apparat desselben Prinzips ist der Revolverapparat derselben Firma, den die Fig. 122 in Vollansicht mit

teilweisem Aufriss des Generators darstellt, während Fig. 123 und 124 den Beschicker im Längs- und Querschnitt zeigt. Die Funktion des Apparates wird ohne weiteres verständlich. In dem Trichter T be-



Fig. 122.

finden sich einzelne Carbidkammern a (Fig. 123, 124), die auf der Platte m angeordnet sind, die durch das an dem über die Rolle g

laufenden Seile d hängende Gewicht P am Punkt o in Drehung versetzt werden kann. Hat man durch Entfernen des Deckels D (Fig. 122) die Behälter gefüllt, so drückt man auf den Teller U (Fig. 124), worauf der Inhalt eines der Carbidbehälter a in das in A befindliche Wasser fällt. Damit das Carbid nicht auf einen Haufen fällt, sondern sich über den ganzen Boden verteilt, ist der Kegel G (Fig. 122) angeordnet. Hierdurch wird erreicht, dass das Carbid schneller aufgelöst resp. in Acetylen übergeführt werden kann, als wenn es einen einzigen grossen Klumpen bilden würde.

Die Wirkungsweise des einfachen, aber doch sinnreichen Mechanismus ist folgende: Die Behälter a haben keinen Boden und sind cylinderförmig auf dem drehbaren Teller M befestigt. Sobald Gewicht Z (Fig. 122) auf den Teller U beim Sinken der Gasometerglocke fällt, wird die in dem Kniestück V spielende Gabel S mit ihrer oberen

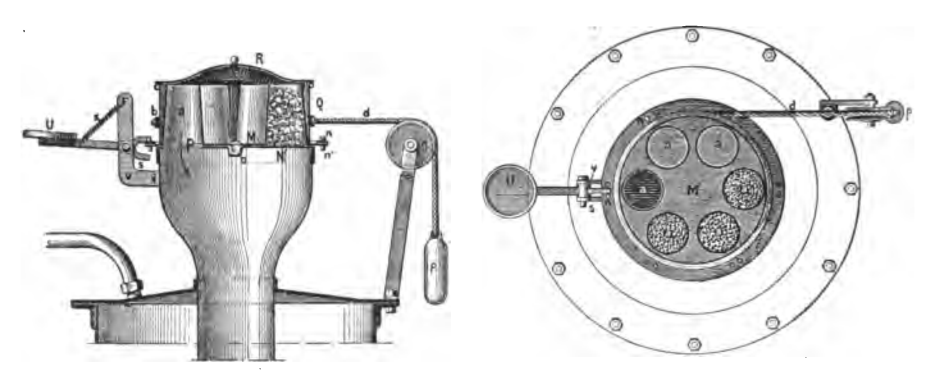


Fig. 123. Fig. 124.

Hälfte von dem Stift n gehoben, während die untere Gabelhälfte sich dicht an die untere Seite der Platte N legt. Wenn dieser Moment eintritt, wird die Platte M ausgelöst und das Gewicht P zieht durch seine Schwere mittels des Seiles d die Platte M ein Stück rechts herum, und zwar so weit, bis einer der hinter jedem Carbidbehälter befindlichen Stifte n′ an die untere Hälfte der Gabel anschlägt. Die Drehung der Platte ist hiermit aufgehalten und der Carbidcylinder befindet sich genau über dem Loche P (Fig. 123), an der mit einem Pfeil bezeichneten Stelle. (Siehe auch die Öffnung a rechts neben dem Hebelwerk in Fig. 124.) Das Carbid fällt nun durch Rohr C (Fig. 122) über Kegel G auf den Boden des Behälters A, aus dem der Schlamm durch Hahn F entfernt werden kann. Das sich entwickelnde Gas steigt durch das Wasser in das Rohr E und hierauf in den Gasometer. Die Glocke desselben geht an den Führungsstangen in die Höhe und zieht damit das Gewicht Z von dem Teller U

ab, Feder x zieht denselben herauf und damit die untere Hälfte der Gabel S von dem Stift n' fort. Das Loch P ist geschlossen, Carbid befindet sich nicht über demselben und deshalb ist eine Überproduktion an Gas vollkommen ausgeschlossen. Eine solche kann erst eintreten, wenn die Gasometerglocke wieder sinkt und Gewicht Z auf U drückt. Dieser Fall ergiebt sich jedoch nur dann, wenn Gas in der Glocke nur noch minimal vorhanden ist. Soll die Gasproduktion zeitweilig abgestellt werden, so genügt es, das Gewicht P abzuhängen, wodurch natürlich eine automatische Drehung der Platte M unmöglich ist.

Gleichfalls durch allmähliches Entleeren einzelner Carbidbehälter wird das Gas in dem Generator von Bertrand-Taillet (Fig. 125) erzeugt. Der Entwickler bildet hier zugleich den Sammelbehälter. Die Glocke C bewegt sich in dem ringförmigen wassergefüllten Zwischenraume zwischen den beiden Behältern A und B und trägt in ihrer Decke eine Anzahl Carbidbehälter D, die von aussen gefüllt und von innen durch bewegliche Böden geschlossen gehalten werden. Der Schluss wird durch an Seilen hängende Gewichte E hervorgebracht. Sobald beim Niedergange der Glocke die Gewichte unten aufstossen, entleeren die betreffenden Carbidbehälter ihren Inhalt in das in dem Behälter A enthaltene Wasser. Der Apparat ist noch einfacher wie der vorhergehende, wie überhaupt feststeht, dass dieses System bei weitem das für den Betrieb günstigste ist. Die Thatsache, dass die Zahl der nach diesem System gebauten Apparate so gering ist, beweist entweder, dass man dies nicht erkannt hat, oder dass die Konstruktion solcher Apparate schwieriger ist, als diejenigen der anderen Systeme.

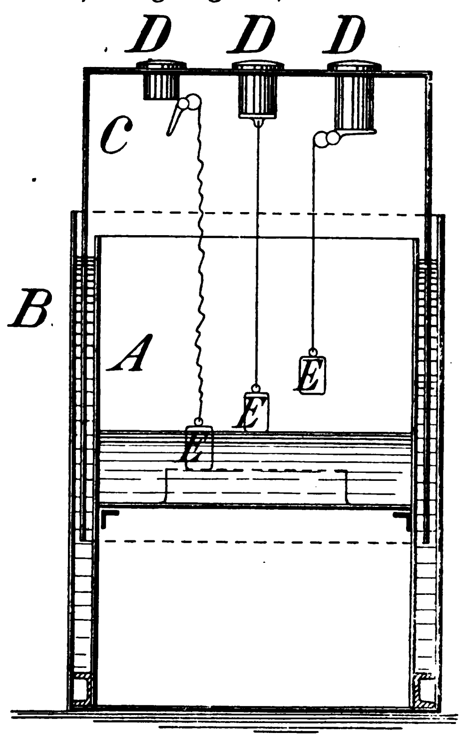


Fig. 125.

Von einer recht originellen Idee ging U. Kesselring in Saint-Imier bei Konstruktion seines Apparates aus. Bei dem in der

Zeichnung (Fig. 126) dargestellten Apparat verbindet man den Wasserkasten D mit der Wasserleitung oder einem grösseren Reservoir, während das Schlammabflussrohr b' in eine Senkgrube oder einen Kanal geleitet wird. Die Inbetriebsetzung geschieht auf folgende

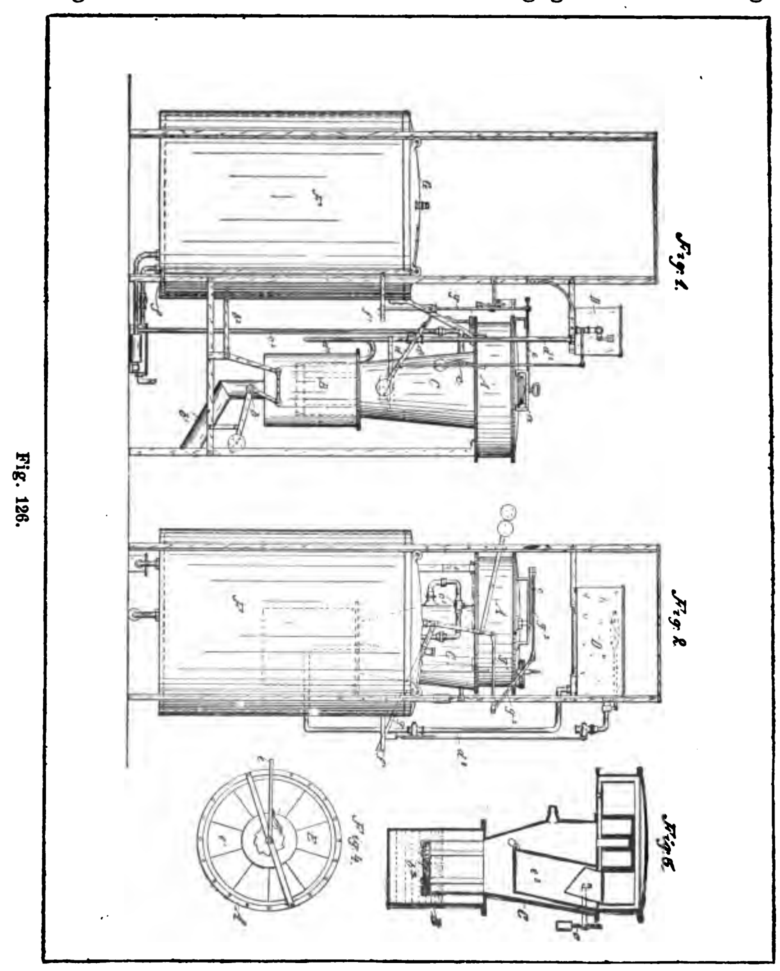


Fig. 126.

Weise: Zuerst wird der Wasserkasten D mit einer durch einen Schwimmer bestimmten Wassermenge gefüllt. Hierauf wird der durch ein Gewicht ausbalancierte Hebel c durch den Anschlag c' festgestellt. Man öffnet nun die auf dem Carbidbehälter A befindliche Füllöffnung a, beschickt sämtliche Kammern e' der Trommel E mit Carbid, worauf die Füllöffnung wieder verschlossen wird. Durch Öffnen des Hahnes d' wird aus dem Wasserbehälter die vorher be-

stimmte Wassermenge durch das Rohr d^2 in den Entwickler B geleitet. Das Rohr d^2 bildet zugleich bei d^3 einen Wasserverschluss, um den Eintritt des Gases in den Wasserkasten zu verhindern. Hierauf wird durch Auslösen des Hebels eine Abteilung e′ der Carbidtrommel E entleert, sodass der Inhalt durch das Rohr e^3 in den Entwickler B auf ein darin angeordnetes Sieb b^3 fällt, wodurch sofort die Gasentwickelung beginnt. Das oben erwähnte Rohr e^3 wird beständig durch einen ausbalancierten Boden verschlossen, nur durch die Schwere des einfallenden Carbids öffnet sich dieser Boden und lässt das Carbid auf das Sieb b^3 fallen. Dadurch soll verhindert werden, dass der in dem Entwickler B entstehende Wasserdampf in die Carbidtrommel A treten und zersetzend auf das Carbid wirken kann. Die in dem Entwickler B erzeugten Gase werden nach Passieren des Rückschlagventils c^3 durch das Rohr c^2 in den Gasometer F geleitet. Dabei hebt sich die Gasometerglocke G entsprechend der Menge des erzeugten Gases. Geht die Gasometerglocke G infolge des Gasverbrauches nieder, so schlägt der an ihr befestigte Anschlag f gegen einen Hebel b^2 und öffnet die in dem Abflussrohr b′ angeordnete Drosselklappe b. Hierbei fliessen die in dem Entwickler B angesammelten Rückstände ab. Beim weiteren Niedergange der Gasometerglocke G öffnet ein zweiter an der Glocke befestigter Anschlag f′ mittels des Hebels d den Wasserdurchgangshahn d′, wodurch frisches Wasser in den Entwickler B tritt. Weiter bewegt der Anschlag noch einen zweiten Hebel g, der mittels der anderen Hebel g^1, g^2 und g^3 die Trommel E um eine Abteilung dreht und eine frische Füllung in den Entwickler B fallen lässt. Nun wiederholt sich der Prozess von neuem bis sämtliche Carbidkammern entleert sind.

Eine Neubeschickung der Carbidtrommel geschieht auf die Weise, dass man den Hebel c durch den Anschlag c′ sperrt und nun nach Öffnen der Füllöffnung a die einzelnen Abteilungen e′ mit Carbid beschickt. Die Auslösung des Hebels c wird zur rechten Zeit von dem Apparat selbst bewirkt, wodurch ein zu frühes Füllen des Entwicklers mit Carbid verhindert wird.

Ein in seiner Konstruktion sehr gut durchdachter Apparat derselben Klasse ist der in Fig. 127 und 128 abgebildete von v. Szepczynski, den die »Acetylen-Aktiengesellschaft« in Wien fabriziert. Bei diesem Apparat ist der Gasentwickler ein aufrechtstehender cylindrischer Wasserbehälter, wie bei den vorhergehenden Apparaten, auf welchen als oberer Abschluss der Carbidzuführungs-Apparat aufmontiert ist. Dieser ist in seinen Hauptteilen aus Gusseisen konstruiert und besteht aus dem Carbidbehälter mit U-förmigem Querschnitt, 0,8 *m* lang, horizontal gelagert, der in dieser angeordneten Transport-

schnecke, deren centrisch durchlaufende, liegende Welle ausserhalb des Carbidbehälters mit dem Betriebsmechanismus ausgerüstet ist.

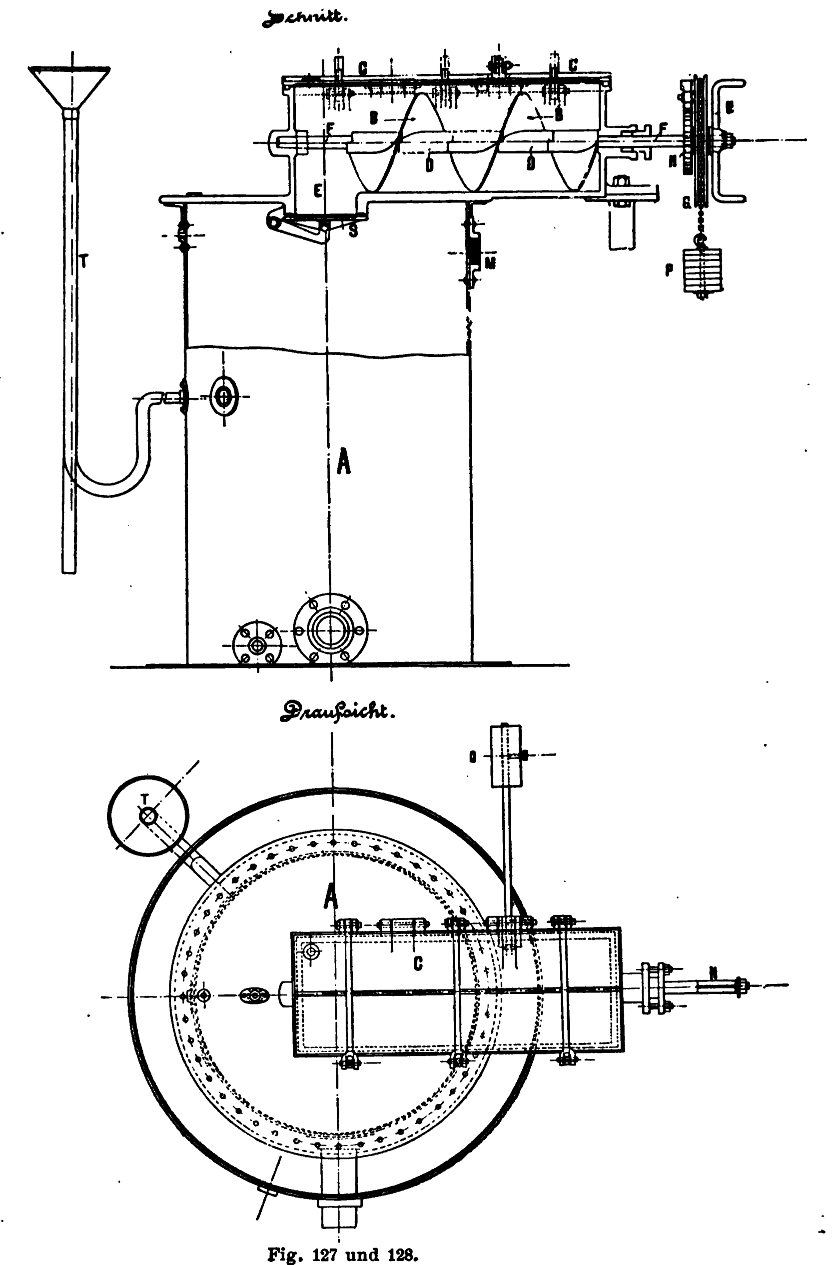


Fig. 127 und 128.

Um den Apparat in Betrieb zu setzen, wird der Entwickler $^2/_3$ mit Wasser gefüllt und das als Carbidbehälter dienende Gehäuse, in dem sich die Schnecke D befindet, nach Abnahme des Deckels C mit Carbid gefüllt.

Die Carbidnachfüllung während des Betriebes geschieht bei geschlossener Klappe S, die Einführung des Carbids in den Entwickler aber nur bei offener Klappe durch Drehung der Schnecke D, welche das Carbid successive je nach Bedarf in die Speiseöffnung E schiebt. Der Antrieb der Schnecke D geschieht durch die Welle F, auf deren bis ausser dem Gehäuse reichenden Ende die Seilscheibe G mit Schaltwerk H montiert ist. Die Seilscheibe ist einseitig, tangential mit Triebgewicht P, welches auf ein Drahtseil gehängt ist, belastet, andererseits steht das zweite Ende des um die Seilscheibe gewickelten Drahtseiles mit der Gasometerglocke — über Vermittelungsrollen — in Verbindung und überträgt die auf- und absteigenden Bewegungen derselben auf die Schneckenwelle in der Weise, dass die Transportschnecke immer dann Carbid der Speiseöffnung zufördert, wenn die Gasglocke infolge des Gasverbrauches im Sinken begriffen ist.

Für den Bedarfsfall ist noch die Kurbel N auf die Transportschneckenwelle aufgekeilt, um auch mit Handbetrieb die Speisung vornehmen zu können. Der Carbidvorrat kann durch in den Deckel C eingesetzte Fenster beobachtet werden, das Leerlaufen aber kann eventuell durch elektrisches Läutewerk signalisiert werden. Die Gasabfuhr vom Entwickler in den Gasometer erfolgt durch den Flanschenanschluss M. Die Speisevorrichtung fasst ca. 50 *kg* Carbid, somit mit einmaliger Füllung 12000—15000 *l* Gas produziert werden kann, was zur Speisung von 50—150 Acetylenflammen à 20 *l* für entsprechende Zeitdauer genügt.

Die Einwurfentwickler für Handbetrieb der »Allg. Carbid- und Acetylen-Gesellsch. m. b. H.« in Berlin sind aus Fig. 176 und aus den später folgenden Beilagen zu erkennen.

V.

Transportable Acetylen-Apparate.

Unter den transportablen Acetylenapparaten sind die wirklich brauchbaren Konstruktionen äusserst gering, da es überaus schwierig ist, die gefürchtete Nachgasung zu vermeiden, die bei kleinen Apparaten besonders schwer ins Gewicht fällt. Am geeignetsten wäre für Acetylenlampen flüssiges Acetylen, wenn dasselbe nicht so gefährliche Eigenschaften besässe. Diese kleinen Apparate, wie Tischlampen, Fahrrad- und Wagenlaternen, Backofenlampen, Handlaternen u. s. w., sind ein beliebtes Steckenpferd hoffnungsvoller Tüftler, die ohne wahre oder genügende Kenntnis der Sache nicht das Bewusstsein der schwierigen Aufgabe, die sie sich stellen, haben. Durch den

vielen Wust auf diesem Gebiete steht, bis höchstens auf die Fahrradlaternen, das Publikum im allgemeinen diesen kleinen Automaten mit unheimlicher Scheu gegenüber, trotzdem es auch bereits solche Tischlampen giebt, die unter sorgsamer und sachkundiger Hand den Verhältnissen nach gut funktionieren. Ich kann dies an Hand monatelanger Versuche bestätigen. Fast alle Konstruktionen von Tischlampen scheitern an der verderblichen und gefährlichen Nachgasung. Man wendet drei verschiedene Mittel an, um ihr wirksam zu begegnen: Gasometer, Ausbrenner und chemische Stoffe. Am sichersten, doch auch am verschwenderischten ist das vollständige Ausbrennenlassen des nachentwickelten Gases nach Abstellung des Wasserzuflusses, in welchem Falle man einen Brennerhahn nur zum Verstellen der Flamme benötigt. — Bei Anwendung eines Gasometers muss dieser so gross bemessen werden, dass er das nachentwickelte Gas vollkommen aufzunehmen vermag, infolgedessen solche Lampen sehr gross und plump ausfallen und doch nicht die für häuslichen Bedarf bedingte Sicherheit bieten. — Die chemischen Mittel, wie z. B. Aceton, Methylalkohol, Paraffin, Glyzerin, Zucker u. s. w. erscheinen zu umständlich und problematisch, als dass sie die allgemeine Anwendung von Acetylenlampen aussichtsvoller machen würden. Wenn man das Gas nicht, wie oben angegeben, vollständig ausbrennen lässt, wird man immer eine Art von Bombe im Hause haben. Nach alledem erscheint dieses Gebiet der Acetylenbeleuchtung als das undankbarste und am wenigsten aussichtsreichste. Ausser Betracht kommen hierbei natürlich solche transportable Apparate, die Experimentier- und Studienzwecken dienen.

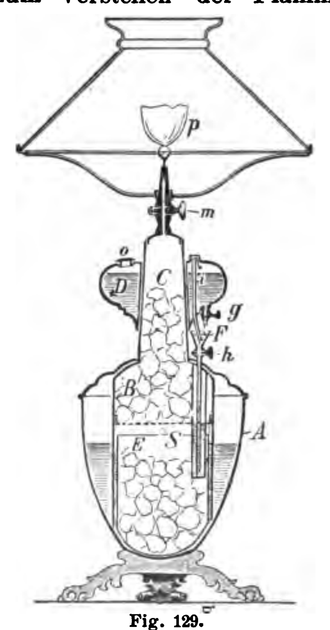


Fig. 129.

Der leichten Übersicht halber werden auch diese transportablen Apparate nach der Art der Wasserzuführung gesondert und im folgenden zunächst Tropfapparate vorgeführt.

Zu den ältesten Vertretern dieser Klasse gehört derjenige von Julius Schülke, der in Fig. 129 in Form einer gefälligen Tischlampe veranschaulicht ist. Die Handhabung des Apparates ist folgende: A ist ein Behälter, welcher soweit mit Wasser gefüllt wird,

dass der Wasserspiegel den Boden des Einsatzes E berührt. Der Einsatz E wird ca. $^2/_3$ mit Carbidstücken gefüllt. Der obere Teil der Glocke C und der Glocke B wird ebenfalls zu $^2/_3$ mit Carbid gefüllt, und nachdem der Rost S als Verschluss gegen das Herausfallen befestigt ist, wird die Glocke B über E in den Behälter A gesetzt. Ferner wird der Behälter D mit Wasser gefällt, Hahn g und Füllschraube geschlossen und der Behälter so über C gesetzt, dass sich der Hahn oberhalb des Einlauftrichters E befindet. Wenn man nun den Wasserhahn g öffnet, tropft Wasser, sobald sich der Wasserverschluss gefüllt hat, durch F auf das Carbid in E. Dadurch entwickelt sich Acetylen, welches zum Brenner gelangt, wenn man den Hahn m öffnet. Es wird gut sein, den Hahn g nur so weit zu öffnen, als für die Entwickelung des Acetylens der Brennergrösse entsprechend erforderlich ist, was man durch die Praxis leicht feststellen kann. Der Wasserzufluss reguliert sich aber auch ohne Einstellung des Hahnes, weil der vermehrte Druck unter der Glocke B den Flüssigkeitsstand in E erhöht, wodurch das unterste Ende des Lufteinlassrohres i geschlossen und dadurch das Zutropfen des Wassers solange aufgehalten wird, bis durch Druckverminderung in B der Wasserstand in F sinkt und der Luftzutritt durch i in D wieder frei wird.

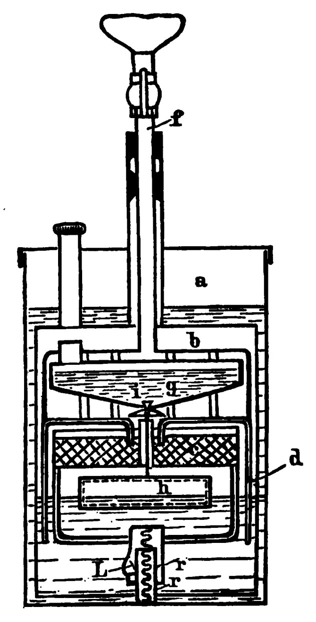


Fig. 130.

Wie hieraus zu ersehen ist, arbeitet dieser Apparat selbstthätig, indem sich die Entwickelung nach dem Acetylenverbrauch richtet. Bei stärkerem Verbrauch wiederholen sich die Wasserzuflussintervalle schneller, bei schwächerem Verbrauche seltener, und die Entwickelung hört gänzlich auf, wenn kein Acetylen verbraucht wird. Da nun aber stets eine gewisse Nachentwickelung durch den angefeuchteten Kalkrückstand bleibt, so wird empfohlen, das nachentwickelte Acetylen in einen kleinen Gasometer oder in Luftkissen zu leiten, damit dasselbe nicht unverbrannt entweichen kann. Hierdurch würde die Lampe jedoch viel zu kompliziert.

Die Lampe von Rossbach-Rousset in Berlin (Fig. 130) besteht nach einer Mitteilung der »Chem. Ztg.« im wesentlichen aus dem äusseren Mantel a, einem Druckmantel b, Wasserbehälter g und

dem Gefässe c für das Calciumcarbid, sowie schliesslich aus dem Schwimmer h, einem Ventil i und den Saugdochten d. — Das sich entwickelnde Acetylen gelangt auf dem Wege f zur Verbrennung. Das Calciumcarbid befindet sich in dem durch eine Feder nach oben gedrückten Gefässe; die hierzu nötige Kraft wird durch die Absperrklinke z derartig reguliert, dass das Gefäss im Verhältnis des Volumens der mit Wasser reagierenden Calciumcarbidmenge nach oben gedrückt wird. Die unbewegliche Klinke greift in einen Zahn des Gehäuses r^I, der Feder r und stellt die Grenze der Gefässstellung fest. Die Zwischenlagen nimmt dieser je nach dem Gleichgewichte der beiden einwirkenden Kräfte ein. Das für die Reaktion nötige Wasser wird teils aus dem oberen Gefäss g genommen, teils aus dem unteren Wasserraum nach oben gesaugt oder direkt durch Ventil i zugeleitet. Je nachdem fliesst entweder das Wasser unmittelbar zu dem Calciumcarbid oder gelangt in kleineren Portionen dahin. Nach Erreichung des zur günstigsten Verbrennung erforderlichen Druckes schliesst sich das Ventil i und erfolgt die weitere Zuführung des Wassers mittels der dem unteren Wassergefässe in Verbindung stehenden Saugdochte, welche zur Vermeidung der Gasbildung durch das teleskopartig ineinander gesteckte Rohr aus der Flüssigkeit gehoben werden. Im Falle der Entwickelung einer grösseren Gasmenge drückt das Gas das unterhalb befindliche Wasser aufwärts, so dass auf diese Weise das Gleichgewicht zwischen Entwickelung und Verbrauch hergestellt, aber auch eine gefährliche Kompression herbeigeführt wird, die die Lampe für den Hausgebrauch unverwendbar macht.

Die recht sonderbar erdachte Acetylenlampe von A. Rohrbach & Co. in Erfurt, besteht aus einem Gaserzeuger, der in Verbindung mit einem oder mehreren Brennern steht. Dieser Gaserzeuger ist mit einem Wassergefäss ausgerüstet, in welchem das Wasser dem atmosphärischen Luftdrucke ausgesetzt ist, wodurch erzielt wird, dass das Ausfliessen des Wassers in den Gaserzeuger sofort aufhört, wenn das Gas im Innern des Gaserzeugers einen höheren Druck erhält, als derjenige beträgt, unter dem das Wasser ausläuft, wodurch wiederum die Gaserzeugung sofort verringert wird. Eine Ausführungsform der Lampe ist in Fig. 131 dargestellt. Oberhalb des Gaserzeugers G ist ein Wassergefäss R aufgestellt. Letzteres ist durch ein doppeltschenkliges Manometerrohr a, b, c, mit den Auslaufrohren d verbunden, sodass das Wasser unter gewissem, dem Gaserzeuger entsprechenden Drucke ausströmt. Eine Rückschlagskugel v verhindert das Rücktreten des Wassers in das Reservoir R, wenn im Innern des Gaserzeugers ein übermässiger Druck vorhanden ist. Das Calciumcarbid soll in Form von Tafeln zu beiden Teilen unterhalb der Tropfröhren d auf geeignete Bleche a gelegt werden. Das

untere Ende einer Platte liegt unterhalb der Tropfröhren d, von welchen die Wassertropfen abfallen. Es bedarf keines besonderen Hinweises auf das Mangelhafte der ganzen Lampe. Ein anderer Apparat von Rohrbach mit drei ineinander geschalteten Behältern ist in Fig. 132 dargestellt. Der Gaserzeuger G ist an seinem unteren Ende geschlossen, dagegen an seinem oberen offen. Er ist mit den Tropfröhren g ausgerüstet, welche in der vertikalen Seitenwand angebracht sind. In gewissem Abstande vom Boden befindet sich der Behälter H mit schrägen Seitenwänden und durchlöchertem Boden zur Aufnahme von Calciumcarbid. Der zweite Behälter F ist an seinem oberen Ende geschlossen und daselbst mit einem Brennerrohraufsatze versehen, dagegen an seinem unteren Ende offen. Er bildet eine Glocke

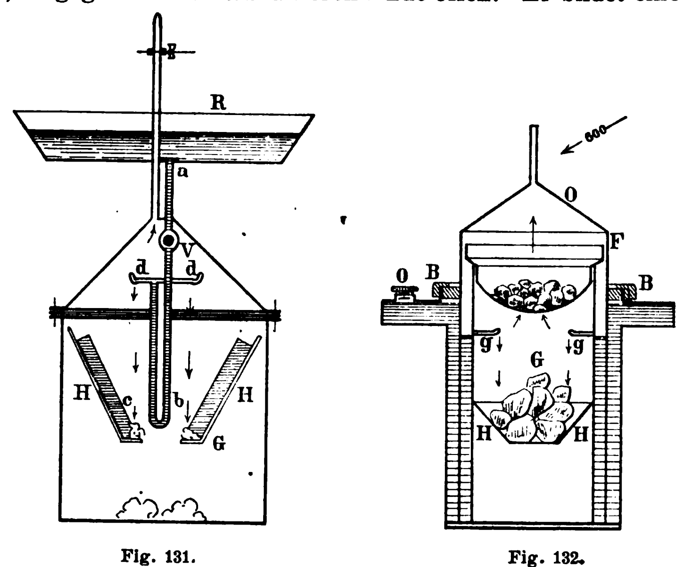


Fig. 131. Fig. 132.

und schliesst hermetisch den Gaserzeuger unter Vermittelung des in dem äusseren Behälter R vorhandenen Wassers ab. Dieser Behälter R ist an seinem oberen Ende mittels Schraubendichtung oder Bajonettverschluss gegen den Behälter J abgeschlossen. Eine seitliche Öffnung gestattet das Einführen des Wassers. Mittels einer Dichtungsschraube o oder einer anderen gleichen Vorrichtung kann das Wasser atmosphärischem Drucke ausgesetzt werden. Das aus dem Calciumcarbid entwickelte Gas wird bei seinem Abgange vom Gaserzeuger getrocknet, indem dasselbe durch einen Trichter J am oberen Ende des Gaserzeugers streichen muss, in welchem geeignete Materialien zur Erreichung dieses Zweckes enthalten sind. Dieser Apparat teilt mit dem vorhergehenden in gleichem Maasse vollkommene Unbrauchbarkeit für täglichen Hausbedarf.

Die Lampe von W. Söhns und C. Kästner (Fig. 133) besteht aus einem Behälterfuss A, in dem sich oberhalb der Carbidraum d und darüber das Wasserbassin a befindet. Aus letzterem tropft nach Öffnung des Hahnes s das Wasser durch die Öffnung c in Rohr b auf das Carbid. Das Acetylen steigt durch das links oben angeordnete Knierohr k zum Hahn l und durch diesen zum Brenner p, woselbst es angezündet werden kann. Wird die Flamme ausgedreht, so wird das nachentwickelnde Gas in den Gummiballon f treten, der durch die Spiralfeder e einen geeigneten Widerstand erhält. Das Tropfventil c ist in Fig. 134 näher erläutert. Hiernach tritt das Wasser unmittelbar durch s (Fig. 133) und c aus, sondern erst auf einem Umwege durch c^5 c^7 und sodann nach c^8. Hierdurch soll namentlich ein Rückstauen des Hahnes nach dem Schlusse des Brennerhahnes vermieden werden. Die Nachgasung des Carbids soll hierdurch gefahrlos gestaltet werden, sofern erst der Wasserzuflusshahn s und sodann nach einigen Augen-

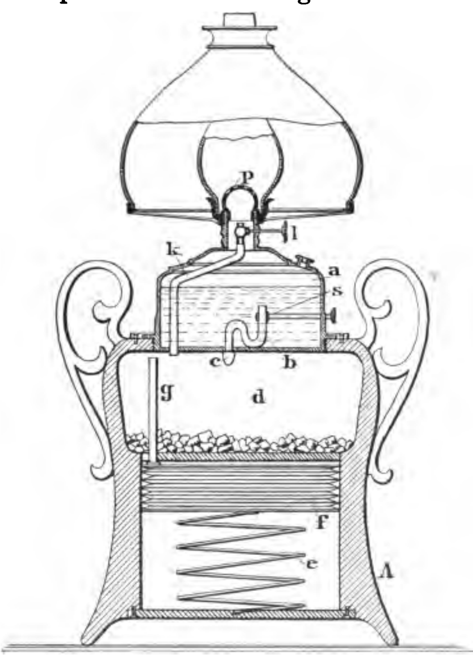


Fig. 133.

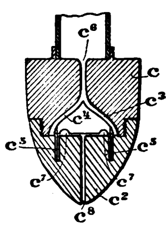


Fig. 134.

blicken der Gashahn l geschlossen wird. Der Nachteil dieser Lampe ist der Gummiballon, der nach kurzer Zeit undicht wird und der mögliche hohe Druck, bei zu starkem Tropfen des Wassers auf das Carbid.

Eine andere Konstruktion derselben Erfinder stellt Fig. 135 dar. Auch hier dient das verwerfliche Gummireservoir H, das durch die Feder J je nach der Gasfüllung zusammengepresst werden kann, zur Aufnahme des nachentwickelten Acetylens und verleiht der Lampe unschöne Dimensionen. Enthält der Gummiball kein Gas, so zieht die Spirale L die Feder J an der Stange K empor und den Ball

zusammen, tritt dann Gas in denselben hinein, so dehnt er sich aus. A ist hier der Wasserbehälter, der seinen Inhalt nach Öffnen des Hahnes M, durch Rohr B und Öffnung P in den Carbidbehälter D abgiebt. Von hier tritt das Gas durch F und E in den Ballon H; derselbe erhält in seiner nun folgenden Ausdehnung durch Feder J

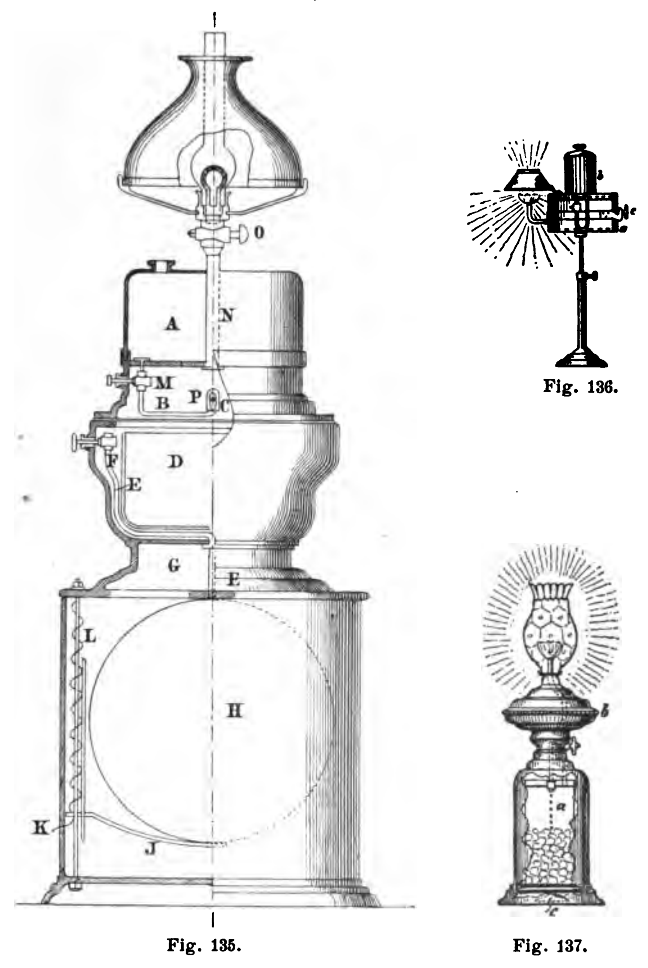


Fig. 136.

Fig. 135.

Fig. 137.

einen kräftigen Widerstand und infolgedessen das Gas genügenden Druck. Das zuerst entwickelte Gas wird einen geringeren Druck erhalten. Das Acetylen kann nach Durchströmen des Rohres N und der Öffnung des Hahnes O zum Brenner gelangen, wo es in Gebrauch genommen wird. Diese Lampe ist noch unpraktischer, als die vorhergehende.

Die in Fig. 136 und 137 veranschaulichten Tischlampen der »Deutschen Acetylen-Gas-Gesellschaft« in Berlin sind ohne detaillierte Erläuterung in ihren Funktionen verständlich. Fig. 136 stellt eine Arbeitslampe dar, deren Ausstattung ihrem Zwecke entsprechend ist. Dieselbe kann je nach Bedarf für eine Brenndauer von 4—20 (?) Stunden in verschieden Grössen geliefert werden, und zwar mit einer Leuchtkraft je nach Wunsch von 60—200 Normalkerzen. Die Tischlampe Fig. 137 wird für eine Brenndauer von 4—20 (?) Stunden angefertigt und soll nur so viel Gas erzeugen, als momentan gebraucht wird. Beide Lampen berücksichtigen nicht die gefährliche Nachgasung und dürften kaum ernstlich in Betracht kommen.

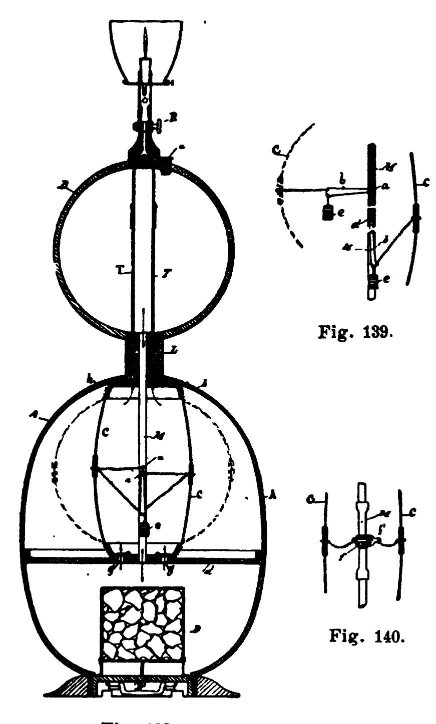


Fig. 138.

Fig. 139.

Fig. 140.

Raoul Turr in Paris hat eine Acetylentischlampe konstruiert, die in Fig. 138 bis 140 veranschaulicht ist. Im unteren Teile A der Lampe befindet sich der Gaserzeuger D, der das Carbid enthält. Oberhalb des Gaserzeugers ist eine Wand d angebracht. Der Raum oberhalb dieser Wand dient zur Aufnahme des Reglers, der aus nachgiebigem Materiale D (Gummi u. s. w.) besteht, das oben an einem Flantsch des Mittelstückes L und am unteren Ende an der Wand d befestigt ist, sowie aus dem Mittelrohr M, das sich vom oberen Teile B bis zum Gaserzeuger D erstreckt. In dieses Rohr M sind zwei Hähne a a′ eingeschaltet, deren Schlüssel durch Ketten mit den Wänden C verbunden sind. Jeder Schlüssel ist ferner durch ein kleines Gewicht e belastet, damit die Schlüssel ihre tiefe Lage dann wieder einnehmen, wenn die Wände C sich nähern. In den von den Wänden C eingeschlossenen Raum mündet ein Paar mit Ventilen versehener Kanäle g und von dem durch die Wände C eingeschlossenen Raum erstrecken sich Rohre T zum Brenner. Der Gaserzeuger lässt sich von unten her in den Fuss der Lampe einsetzen. Eine Öffnung c dient zum Einfüllen des Wassers und durch die Öffnungen h strömt die Luft aus und ein.

Nachdem D mit Carbid gefüllt ist, lässt man das in B befindliche Wasser durch die Hähne a a′ auf letzteres gelangen und Acetylen entwickeln. Dasselbe steigt durch die Kanäle g in den Regler, der sich hierdurch aufbläht und die Hähne a a′ schliesst, worauf das Gas durch die Rohre T zum Brenner gelangt. Entsprechend dem Gasverbrauche wird sich der Ballon C zusammenziehen und hierbei die Hähne a a′ öffnen, worauf wieder Wasser zum Carbid gelangt und neues Gas entwickelt wird. Fig. 138 zeigt den Zusammenhang der Hähne a a′ mit dem Ballon C, während Fig. 139 eine abgeänderte Regelungsvorrichtung darstellt, wobei Quetschhähne benutzt sind, und in die Rohrleitung M ein Schlauch eingeschaltet ist, der von einer Klammer f f′, die mit C durch Ketten in Verbindung steht, gehalten wird. Abgesehen von dem Gummi-Gasometer, hat die Lampe etwas für sich und namentlich ist die Abstellung der Tropfeinrichtung originell und hübsch.

In der Acetylenlampe der »Compagnie du Gaz nouveau« (Fig. 141) ist der Gasbehälter A von dem Wasserbehälter B umgeben. Das Carbidgefäss ist unter dem Gasbehälter A, der hier ein Balgen ist, angeordnet und der Deckel dieses Balgens trägt den ringförmigen Schwimmer C. Das Gas verlässt den Gasbehälter durch ein Rohr I. Das Rohr F, durch welches das Wasser aus dem Wasserbehälter nach dem Gasentwickler geleitet wird, sobald beim Sinken des Schwimmers Wasser über die Öffnung von F hinwegsteigt, ist mit dem Abschlusshahn f versehen. Die Füllung der Lampe mit dem zur Entwickelung des Acetylen nötigen Wasser geschieht durch ein Rohr b, welches in bekannter Weise durch einen Schraubenknopf verschlossen ist. Auch diese Lampe ist durch den zusammendrückbaren Gasometer für die Dauer unbrauchbar und enthält auch die Gefahr des Eindringens von Gas in den Wasserbehälter.

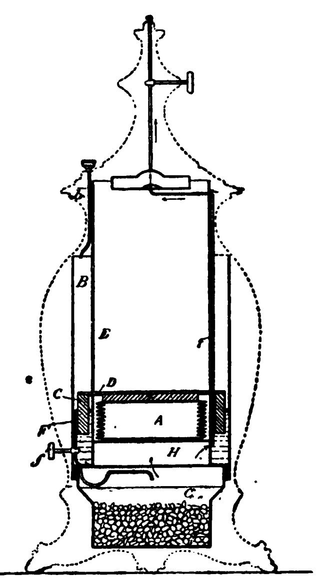


Fig. 141.

Drei verschiedene Lampenkonstruktionen für Tropfsystem zeigen endlich die Fig. 142—144. Dieselben sind von der Firma F. Butzke & Co. in Berlin entworfen und ausgeführt worden. Die Funktion dieser drei Lampen ist nahezu bei allen die gleiche. Aus dem über dem Carbidbehälter befindlichen Wasserbassin läuft das Wasser durch

eine Röhre auf den Boden des Carbidbehälters, um das Carbid von unten beginnend zu zersetzen resp. zu vergasen. Das entwickelte Acetylen dringt durch die obere Carbidschicht hindurch, wobei es

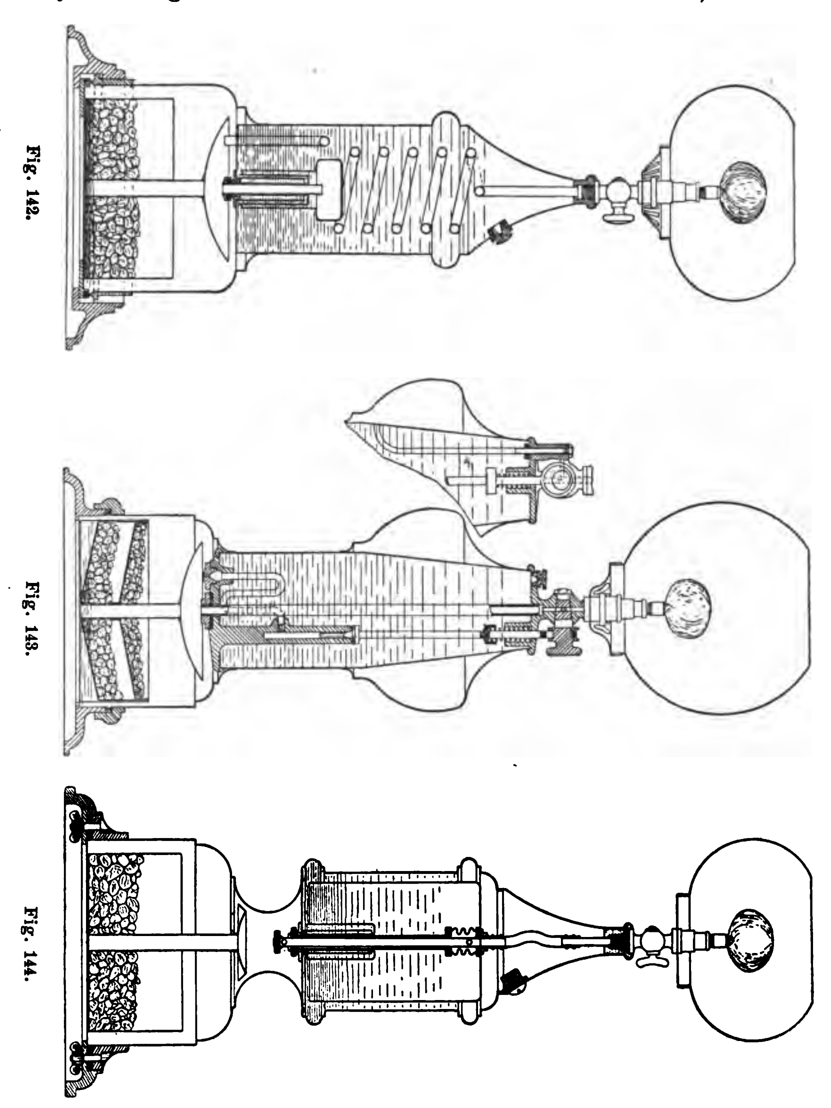


Fig. 142.

Fig. 143.

Fig. 144.

gleichzeitig getrocknet wird, und gelangt durch das Zuleitungsrohr zu dem Brenner. Da die Zuleitungsrohre ständig in dem Speisewasser stehen, so wird das durchziehende Gas gleichzeitig gekühlt.

Um das Gas zu diesem Zwecke einen längeren Weg durch das Wasser zurücklegen zu lassen, ist in der Lampe Fig. 142 ein Schlangenrohr angeordnet. Bei der Konstruktion 143 ist der Carbidbehälter etagenförmig mit schrägen Flächen ausgebildet, wodurch nicht, wie bei Fig. 142 und 144, die gesamte Grundmasse des Carbids angegriffen wird, sondern zunächst nur eine kleinere Menge. Zur Entfernung des durch die Carbidzersetzung entstehenden Kalkschlammes können die Füsse der Lampen bequem abgeschraubt werden. Die Lampen leiden unter denselben durch die Nachgasung veranlassten Mängeln, wie die meisten, der vorher beschriebenen.

Für Laboratorien, Schulen und Experimente eignet sich sehr gut der kleine kompendiöse Acetylenapparat von E. Leybold's Nachfolger in Köln (Fig. 145). Der Apparat ist ganz aus Eisen resp. Stahl gefertigt und besitzt einen Druckregulator d, um das Gas unter einem bestimmten gleichmässigen Druck austreten zu lassen. Nach Abschrauben des Oberteils wird die Bombe B mit etwa 100 *g* Calciumcarbid gefüllt und das Oberteil wieder aufgeschraubt. Nachdem die knieförmige Abzweigung a des letzteren entfernt und der Hahn b geschlossen wurde, füllt man das Oberteil mit Wasser, setzt a wieder auf und verbindet es mit c; diese Verbindung dient dazu, den Überdruck im unteren Gefässe zu beseitigen, resp. in beiden Gefässen gleichen Druck herzustellen.

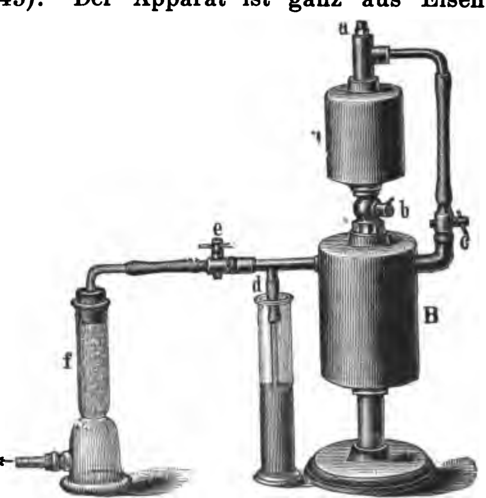


Fig. 145.

Das seitlich nach unten führende Glasrohr d wird nun in den Glascylinder gebracht und letzterer dem gewünschten Druck entsprechend hoch mit Quecksilber gefüllt. Zu den meisten Versuchen genügt ein Druck entsprechend dem einer Quecksilbersäule von etwa 60—70 *mm* Höhe. — Öffnet man nun sehr langsam Hahn b und c, sodass das Wasser tropfenweise zum Calciumcarbid treten kann, so wird das Acetylen sofort entwickelt. — Sollte man aus Versehen den Hahn zu weit geöffnet haben, so tritt eine etwas stürmische Entwickelung ein; man schliesst in diesem Falle Hahn b so lange gänzlich, bis die Entwickelung nachlässt.

Zunächst lässt man dann kurze Zeit hindurch das Gas den Apparat durchströmen, um alle Luft daraus zu verdrängen, und stellt erst dann, wenn man sicher ist, dass der Entwickler und die Leitungen nur reines Gas enthalten, die Verbindung mit den Lampen her und zündet letztere an. Nach Schliessen des Hahnes e entweicht das Gas bei etwaigem Überdruck durch die Sperrflüssigkeit. Zu den Versuchen, Leuchtgas durch Acetylen aufzubessern oder um Acetylen mit anderen Gasen gemischt zu verwenden, bedient man sich zweckmässig einer Verzweigungsvorrichtung, die aus Glasröhren und Hähnen, verbunden durch Gummischlauch, hergestellt sind, deren Verwendungsart ohne weitere Beschreibung verständlich ist. Durch geeignetes Öffnen und Schliessen der einzelnen Hähne lässt es sich leicht ermöglichen, zunächst sowohl Acetylen als auch ein zweites Gasgemisch getrennt zu verbrennen, sodann aber auch beide Gase, in beliebigen Mengenverhältnissen gemischt, zur Anwendung zu bringen. Der Trockencylinder f wird mit Watte gefüllt und zwischen Entwickler und Brenner eingeschaltet, um mitgerissenes Wasser zurückzuhalten. Die jedesmalige Füllung des Apparates ergiebt ca. 25 *l* Acetylen.

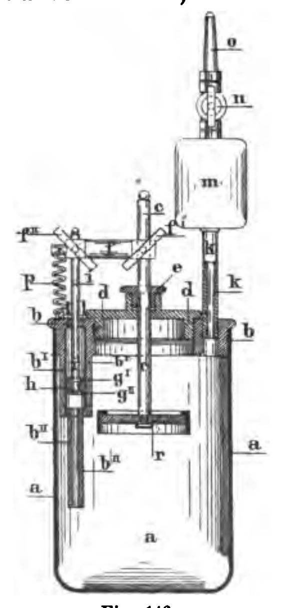


Fig. 146.

Die transportablen Tauchapparate sind noch gefährlicher, wie die Tropfapparate, da erstere sehr leicht verhältnismässig grosse Mengen Acetylen plötzlich entwickeln können und dadurch zu einer ständigen Gefahrenquelle Veranlassung geben.

Der in beistehender Fig. 146 abgebildete Apparat von A. Kiesewalter leidet besonders unter dem oben erwähnten Nachteil. Er besteht aus dem Behälter a, in welchen nach dem Öffnen der Verschlussschraube d eine bestimmte Menge Wasser eingefüllt wird, sodass das Rohr b^{II} in dasselbe eintaucht. In den Patronenhalter r, welcher mit einer Führungsstange c durch die auf der Verschlussschraube d angeordnete Stoffbüchse e nach aussen hervorragt, wird eine gaserzeugende Patrone eingesetzt, worauf der Behälter a durch Aufschrauben der Verschlussschraube d geschlossen wird. Nachdem dies geschehen ist, wird die Führungsstange i, an deren unterem Ende mittels der beiden Metallplatten g^{I} g^{II} mit der dazwischenliegenden Gummiplatte h ein Kolben angeordnet ist, welcher sich in einem Cylinder b^{I} auf- und niederbewegt, bis auf ihren tiefsten Stand niedergedrückt.

Der Cylinder b^I kommuniziert durch das Rohr b^{II}, welches in das Wasser des Behälters a eintaucht, mit diesem. Wird nun durch das entwickelte Gas ein Druck auf das im Behälter a befindliche Entwickelungswasser ausgeübt, so steigt dasselbe durch das Rohr b^{II} in den Cylinder b^I und treibt hier den Kolben $g^I g^{II}$ h mit der Führungsstange i in die Höhe. Da die Kolbenführungsstange i vermittelst der Traverse f mit der Führungsstange c des Patronenträgers r durch Feststellen der beiden Flügelschrauben $f^I f^{II}$ fest verbunden ist, so muss die Führungsstange c des Patronenträgers r der Bewegung der Kolbenführungsstange i folgen, wodurch die gaserzeugende Patrone aus dem Entwickelungswasser des Behälters a gehoben wird und die Entwickelung von Gas aufhört. Bei der Anordnung des Kolbens $g^I g^{II}$ h ist ein Entweichen von Gasen ausgeschlossen, da hier bei nicht schliessendem Kolben Wasser herausgetrieben werden würde. Wenn beim Betriebe der Lampe durch den Verbrauch des Gases die vorhandene Gasspannung nachlässt, zieht die an dem Verschlussringe des Behälters a einerseits und an der Traversstange andererseits befestigte Zugfeder p die Traverse f mit den daran befestigten Kolben und Patronenträger-Führungsstangen nieder, sodass sowohl der Kolben $g^I g^{II}$ h, sowie der Patronenhalter r tiefer in den Cylinder b^I bezw. Behälter a eingeführt werden, bis die gaserzeugende Patrone wieder mit dem Entwickelungswasser in Berührung tritt und die Gasentwickelung von neuem beginnt, worauf sich der vorhin beschriebene Vorgang wiederholt.

Wenn die Patrone so weit verbraucht ist, dass sie den Wasserspiegel beim Niedergang nicht mehr erreicht, so wird die Flügelschraube f^I der Traversstange f gelöst und vermittelst der Führungsstange c die an dem Patronenträger r festsitzende Patrone so weit hinuntergeschoben, dass sie wieder in das Wasser eintaucht, worauf die Flügelschraube f^I wieder fest angezogen wird. Das im Behälter a entwickelte Gas steigt durch das Rohr k, den Gasdruckregler m und den Hahn n zum Brenner o.

Recht einfach aber gefährlich ist die Lampe von G. Trouvé in Paris (Fig. 147) ausgeführt. Wie aus der beistehenden Abbildung ersichtlich, ist bei dieser Konstruktion der Lampenfuss zu einem Behälter ausgebildet (im vorliegenden Falle Glas, es kann aber auch anderes Material benutzt werden), welcher eine bestimmte Quantität Wasser enthält, und in welchem eine Art Becher steht, in dem ein korbartiger Rost hineinhängt, der mit Calciumcarbidstücken gefüllt ist. Der Becher ist an seinem Boden mit einer Öffnung, einem Loch, versehen, um das Wasser, welches den Becher umgiebt, eintreten zu lassen. Das Wasser steigt so hoch, bis es an den Rost und das Calciumcarbid gelangt, worauf die Entwickelung des Acetylens be-

ginnt, welches sich in dem oberen Teil des Bechers ansammelt. Der allmählich steigende Druck des Gases verhindert dabei das Steigen des Wassers und bringt somit die Gasentwickelung in Einklang mit dem Gasverbrauch. Wird nämlich kein Gas mehr aus dem Behälter entnommen, so wird das Wasser allmählich in den äusseren Raum rings um den Becher zurückgedrückt und die Gasentwickelung verlangsamt bezw. ganz ausgesetzt; lässt man das Gas ausströmen, so strömt, der Druckverminderung entsprechend, Wasser in den Becher nach und es wird von neuem Gas erzeugt. Um das Gas in einem ruhigen Strom und mit dem für die rationelle Verbrennung erforder-

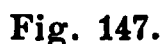



Fig. 147.

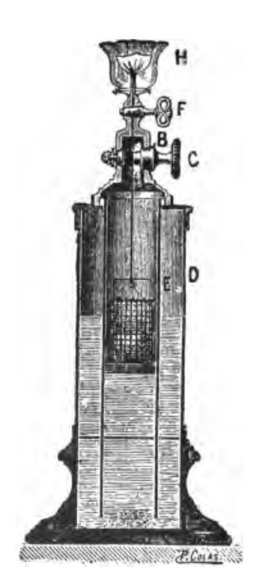


Fig. 148.

lichen reduzierten Druck ausströmen zu lassen, ist in dem Becher über dem Rost ein Teller angebracht, sodass das Gas nur durch den verhältnismässig engen ringförmigen Raum zwischen der Becherwandung und dem Tellerrand aufsteigen und zu dem centralen Abflussrohr gelangen kann.

Die gleichfalls auf dem Tauchsystem beruhende Lampe von R. Turr (Fig. 148) besteht aus zwei konzentrischen Gefässen D und E, welche am oberen Teil auf demselben Hut zusammengelötet sind; sie spielen die Rollen von zwei kommunizierenden Cylindern. In

den inneren Cylinder taucht ein Korb, welcher mit vorher durch Petroleum imprägniertem Carbid gefüllt ist. Dieser Korb wird durch eine Schnur gehalten, welche sich auf eine kleine Trommel B, die durch einen gerändelten Knopf C bewegt wird, aufwickelt. Über dieser Trommel ist der Hahn F zum Einführen und Absperren des Gases. Ein Schaft durchschreitet den inneren Cylinder, um zu verhindern, dass der Korb beim Reissen der Schnur nicht auf den Boden der Röhre fällt. Dieser allmählich vorschreitende Schaft verlängert sich bis zu den Wänden des äusseren Rohres, um das innere zu leiten. Die beiden Röhren enthalten Wasser, aber auf dem inneren Wasserspiegel ruht eine Schicht von ca. 1 *cm* Petroleum, welches infolge seiner geringeren Dichtigkeit stets oben schwimmt.

Von den transportablen Apparaten, bei denen das Wasser von unten an das Carbid gedrängt wird, funktioniert der in Fig. 149 wiedergegebene von Kiesewalter wie folgt: Sobald der Entwickelungsbehälter b mit Carbid beschickt und der Verschlussdeckel c wieder gasdicht aufgeschraubt ist, wird der Wasserbehälter a mit Wasser gefüllt, worauf etwas Wasser durch die Fuge p des Ventilsitzes h fliesst und die Gasentwickelung einleitet. Die Fuge ist so eng bemessen, dass nur sehr wenig Wasser hindurchfliessen kann; dieses läuft über den Ventilsitz h hinweg, durch die Schlitze g des um den Ventilsitz h angeordneten Rohres e in das im Behälter b lagernde Carbid. Das Rohr e dient gleichzeitig dazu, das Carbid vom Ventilsitze h abzuhalten und mit dem Bunde h^{I} die Führung des Entwickelungsbehälters zu bewirken.

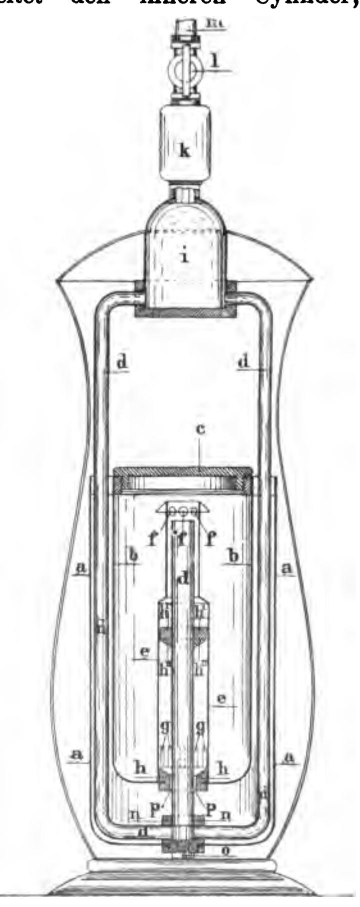


Fig. 149.

Bei entstehendem Gasdrucke wird sich der Behälter b so weit heben, dass der Ventilsitz h gegen die Gummiplatte h^{II} des als Ventilverschluss dienenden Bundes h^{I} gepresst wird, wodurch einerseits

der Eintritt von Wasser aus dem Behälter a durch die Fuge p und die Schlitze g in den Behälter b und andererseits auch der Durchgang von Gas durch die Fuge p aus dem Behälter b in den Behälter a verhindert wird, sodass das Gas gezwungen ist, durch das Gasabgangsrohr d nach dem Kreuzstück n o und von hier durch die zwei Abgangsrohre d nach dem Gassammler i zu strömen, von wo es durch den Gasdruckregler k und den Hahn l in den Brenner m gelangt. Gleichzeitig wird auch durch diese Anordnung erreicht, dass nach Verbrauch des durch die Fuge p in den Behälter b eingetretenen Wassers kein Wasserdampf mehr in den Gasentwickler eintreten und dadurch auch eine Nachentwickelung von Acetylen nicht mehr stattfinden kann.

Sobald durch den Verbrauch des Gases der Druck in dem Entwickelungsbehälter b wieder nachgelassen hat, wird sich dieser solange senken, bis der Druck der Wassersäule im Behälter a den Gasdruck im Behälter b übersteigt, worauf eine neue Einströmung von Wasser aus dem Behälter a durch die Fuge p und die Schlitze g in den Behälter b stattfindet und sich der oben beschriebene Vorgang wiederholt.

Eine andere Konstruktion desselben Erfinders ist in Fig. 150 abgebildet. Der Entwickler besteht aus dem Wasserbehälter a, in dem ein kleiner Behälter b angeordnet ist, in den die gasentwickelnde Patrone eingeführt wird. — An diesem Behälter b befinden sich zwei Ventile f g und h i. Das Ventil f g ist ein Rückschlagventil und gestattet dem Wasser, aus dem Behälter a in den Behälter b überzutreten, während das Schwimmventil h i den Wasserzutritt aus a nach b verhindert, dagegen bei entstehendem Gasdruck im Behälter b das in demselben befindliche Wasser nach dem Behälter a zurückgelangen lässt.

Mit dem Wasser zugleich gelangen die entstandenen nicht gasförmigen Zersetzungsprodukte in den Behälter a, sodass das für die Gasentwickelung nötige Wasser beständig dem Ventil f g zugeführt wird, während das unbrauchbar gewordene, mit Zersetzungsprodukten vermischte Wasser durch das Ventil h i in den Behälter a abgeführt wird, wo sich die festen Bestandteile ablagern. Es entsteht also durch die Anordnung der beiden Ventile f g und h i ein Wasserstrom, welcher, vom Ventil f g ausgehend, nach dem Ventil h i gerichtet ist, wodurch eine beständige Reinigung des Entwickelungsbehälters b von Zersetzungsprodukten der gaserzeugenden Patrone stattfindet.

Der Apparat funktioniert wie folgt: Nachdem die Verschraubung c gelöst worden ist, wird in den verstellbaren Patronenhalter k eine gaserzeugende Patrone eingesetzt und die Verschraubung wieder auf den Behälter aufgeschraubt. Hierauf wird durch den Fülltrichter d

solange Wasser eingegossen, bis der Wasserbehälter a gefüllt ist. Das Wasser in a umgiebt jetzt den Entwickelungsbehälter b, in welchem sich die gaserzeugende Patrone befindet, und wird sofort nach Öffnung des Hahnes p durch das Ventil f g in den Behälter b einströmen, bis es die gaserzeugende Patrone erreicht, wodurch die

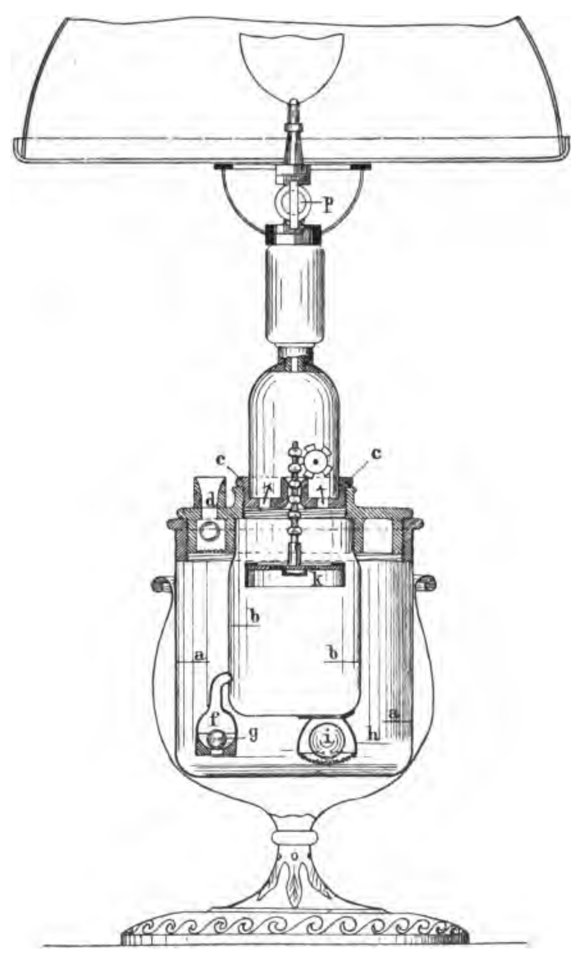


Fig. 150.

Gasentwickelung beginnt. Durch den nun entstehenden Gasdruck im Behälter b wird das Ventil f g geschlossen, und das Ventil h i öffnet sich, wobei durch den Gasdruck alles eingetretene Wasser, nebst den in ihm schwimmenden Zersetzungsprodukten der gasentwickelnden Patrone, in den Behälter a hineingedrückt wird. Beim

Nachlassen des Gasdruckes wiederholt sich der beschriebene Vorgang solange, bis die Patrone vollständig zersetzt ist.

Die Lampe von Wilhelm Bragrock in Berlin (Fig. 151) soll anderen Lampen dieser Art gegenüber den Vorteil besitzen, dass sie mit einer ruhigen, gleichmässigen Flamme brennt.

Die Lampe besteht im wesentlichen aus einem Unterteile E, dem Bassin B und dem Brenner A. Das Bassin B wird von dem zum Brenner führenden Gaszuleitungsrohr A^1 durchzogen, das am unteren Ende geschlossen ist und ein Stück in den unteren Teil E hineinreicht. Kurz vor seinem Austritt aus dem Behälter B, zweigt von demselben ein Rohr h ab, welches, durch das ganze Unterteil sowie durch den Entwickelungsbehälter hindurchgehend, zweckmässig so angeordnet ist, dass es in den, durch eine über den Entwickelungsbehälter D gestülpte Glocke C gebildeten Gasbehälterraum mündet.

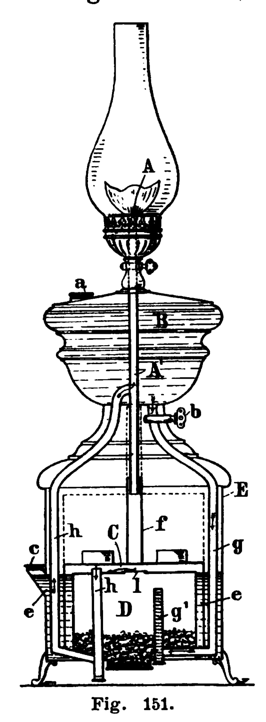


Fig. 151.

Von dem Boden des Behälters B zweigt ferner ein Rohr g ab, das, mehrmals gebogen, mit seinem am Umfang durchlöcherten Unterschenkel g^1 in den Entwickelungsbehälter D mündet. Der schon erwähnte und im Unterteil E untergebrachte Entwickelungsbehälter D ist teilweise mit Calciumcarbid gefüllt. Derselbe besitzt an seinem oberen Boden ein Ventil l, das einen Austritt der entwickelten Gase gestattet. Der konzentrische Raum zwischen Entwickelungsbehälter D und Unterteil E wird zweckmässig mit Wasser gefüllt, sodass die über D gestülpte Glocke also stets wie eine Gasometerglocke wirkt. Die Führung erhält dieselbe durch das Rohr f, welches auf dem verlängerten unteren Ende des Rohres A^1 sich auf- und abschieben kann. Ein Hahn b ermöglicht die Regelung des Wasserzuflusses aus dem Behälter B. Ein Deckel a am Behälter B und ein Deckel c am Unterdeckel E dienen jeweils zum Einfüllen des Wassers in den Behälter B, bezw. in den konzentrischen Ring e.

Sobald nun beim Öffnen des Hahnes b Wasser in den Behälter D einspritzt, wird aus dem Calciumcarbid Gas entwickelt, das durch das Ventil l unter die Gasometerglocke C tritt. Von hier kann das Gas durch das Rohr h hindurch nach dem Brenner gelangen. Die Regelung erfolgt durch das Ventil l, indem stets nur dann Gas durch dasselbe austritt, wenn es einen gewissen Druck besitzt, also das

Ventil zu heben vermag. In der Gasometerglocke kann sich dann das Gas beliebig aufspeichern.

Ist der Gashahn geschlossen, so muss die Gasentwickelung aufhören, jedoch erst dann, wenn ein genügender Gasvorrat gesammelt ist, um die wieder in Benutzung genommene Lampe sofort mit ruhiger Flamme von passender Grösse brennen zu lassen. Ist die

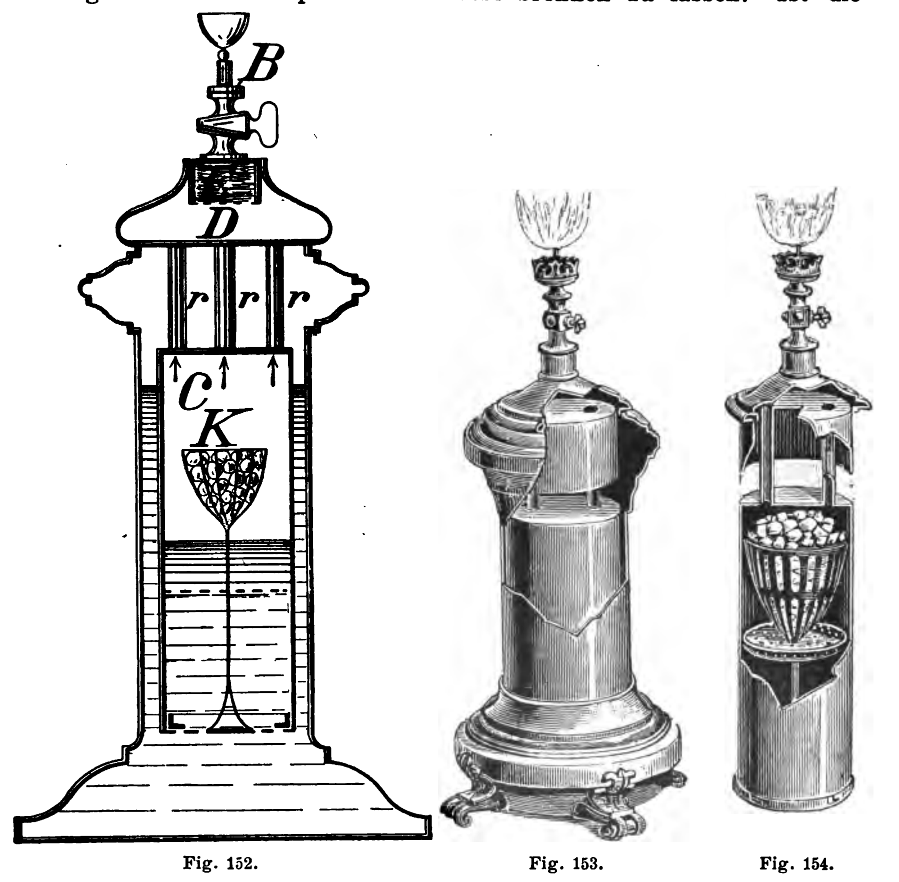


Fig. 152. Fig. 153. Fig. 154.

Gasentwickelung zu stark, so kann die Gefahr der Explosion eintreten oder das Gas entweicht bei neugeöffnetem Brennerhahn zu stürmisch. Ist aber das Verdunstungswasser in dem Röhrchen g^1 auf eine praktisch ermittelte Grösse beschränkt, wie in dem vorliegenden Falle, so wird zwar nach dem Schluss des Brennerhahnes der Wasserzufluss und die Wasserverdunstung noch einige Zeit anhalten, da aber das sich unter der Gasometerglocke entwickelnde Gas nicht durch diese Glocke anhebt, sondern auch infolge seines

Druckes das Wasser in dem Zuleitungsröhrchen g zurückdrückt, so hört nach ganz kurzer Zeit die Entwickelung von Wasserdampf auf.

Serpollet und Létang haben die in Fig. 152 gezeichnete Lampe gebaut. Dieselbe beruht auf dem Prinzipe des Systems III der Apparate, nämlich dem Angriffe des Carbids von unten je nach der Gasentwickelung. Das Carbid befindet sich im Korbe K, im inneren Cylinder C und wird durch das Wasser in Acetylen übergeführt. Letzteres sammelt sich im oberen Teile dieses Cylinders und wird von hier durch drei Rohre r r r nach dem Sammelraume D und von diesem durch ein zur Reinigung dienendes Asbestfilter E nach dem Brenner B geleitet. Die störende Nachwirkung des Kalkhydrats soll dadurch unschädlich gemacht werden, dass das zu verwendende Carbid vorher mit Traubenzucker behandelt wird. Wir haben bereits früher erläutert, dass das Überziehen des Carbids mit Zucker die Gasentwicklung wohl verlangsamt, aber keineswegs die gefürchtete Nachgasung aufhebt. Eine solche für 600 *g* des präparierten Carbids eingerichtete Lampe soll nach einem Bericht in »Glasers Annalen« etwa acht Stunden lang mit mindestens 24 Normalkerzen brennen. Fig. 153 und 154 zeigen die gleiche Lampe in Totalansicht mit teilweisem Aufriss und den inneren Behälter herausgenommen.

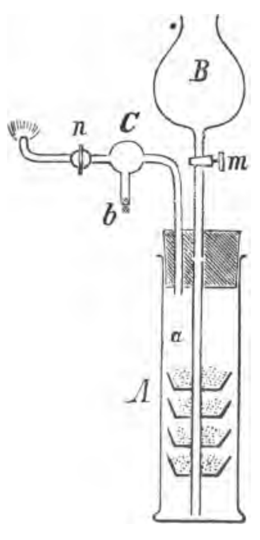


Fig. 155.

Ein für Schul-, Laboratoriums- und Experimentierzwecke geeigneter Apparat soll diesen Teil beschliessen. Derselbe (Fig. 155), von Prof. Giovanni Fiumi konstruiert, besteht aus dem Glascylinder A, der mit einem Kautschukstöpsel geschlossen ist. In den letzteren wird bis zur Hälfte eine Glasröhre B gesteckt, die an ihrem Kopfe eine Tulpe trägt und mit dem Hahne m versehen ist. Das Carbid befindet sich auf den durchlöcherten Tellern, die an der Blechröhre a angelötet sind. Giesst man in B Wasser und lässt dieses nach Öffnung des Hahnes m durch Röhre a auf den Boden von A fliessen, so steigt dasselbe bald an den unteren Carbidteller hinan und entwickelt bei dieser Berührung Acetylen. Dieses steigt durch Röhre C, durchzieht die in b befindliche Baumwolle behufs Reinigung und Trocknung und wird nach Öffnung des Hahnes n angezündet. Zu hoher Gasdruck in A treibt das Wasser in die Röhre a und Behälter B zurück und so reguliert sich der kleine Apparat von selbst, den die Firma Lenoir & Forster in Wien liefert.

Verschiedene andere transportable Apparate.

In Fig. 156 und 157 ist eine Laterne von Gustav Trouvé in Paris abgebildet. In dem aus Riffel-Wellblech hergestellten Behälter rechts (Fig. 156) steht ein kleiner Trouvé-Apparat, wie er Fig. 93 abgebildet ist. Von diesem Apparat führt ein Schlauch zur eigentlichen Laterne links. Der Verwendung dieser Vorrichtung steht für den alltäglichen Gebrauch die Unhandlichkeit derselben entgegen; zum mindesten könnte die Laterne direkt auf den kleinen Apparat montiert werden, damit man nicht beide Hände zum Transport der kleinen Vorrichtung braucht.

Die Benutzung des Acetylens für Fahrradlaternen ist nächst den stationären Beleuchtungsanlagen die verbreitetste Anwendung



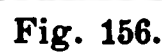


Fig. 156.



Fig. 157.

desselben. Für portative Beleuchtung, wie sie für das Radfahren zur genügenden Erhellung der Fahrbahn in Betracht kommt, ist das Acetylen vortrefflich geeignet, sofern seine Herstellung in gut funktionierenden Apparaten erfolgt. Die letzteren unterscheiden sich im allgemeinen in solche mit und ohne Schlauchleitung. Diejenigen mit Schlauchleitung waren die ersten Konstruktionen, während man später die Schlauchleitung zu vermeiden suchte. Ob man hiermit eine Vervollkommnung wirklich erreichte, ist zu bezweifeln, denn gerade die aus einer Kombination von Kautschuk- und Messingrohr bestehende Leitung des Gases und dem Entwickler zum Brenner hat so mancherlei Vorteile, dass man gewiss früher oder später zur Schlauchleitung zurückgreifen wird.

Es ist eine verhältnismässig schwierige Aufgabe, bei den für eine gefällig aussehende Fahrradlaterne gebotenen Dimensionen eine gut und sicher funktionierende Konstruktion zu entwerfen. Thatsächlich teilen auch die meisten Acetylen-Fahrradlaternen das Schicksal der Acetylen-Tischlampen. Dort wie hier steht die gefürchtete, unvermeidliche Nachentwickelung von Acetylen hindernd im Wege. Jedoch ist man bei Fahrradlaternen in der glücklichen Lage, dass man dieses Hindernis einfach durch Ausbrennenlassen oder Abblasen des nachentwickelten Gases nach Abstellung des Speisewassers umgeht. Dadurch war man in der Lage, wenigstens einigermaassen günstigere Vorbedingungen für die Konstruktion von Acetylenlaternen zu gewinnen.

Die ersten Acetylen-Fahrradlaternen tauchten im Herbst 1896 in Paris auf und wurden zu 40 Francs pro Stück auf den Boulevards verkauft. Sie bestanden aus einem vernickelten Messingcylinder, in dem der durchlochte Carbidbehälter stand. Auf einen Ansatz am oberen Ende des unten natürlich verschlossenen Cylinders war das untere Ende eines zweiten Cylinders geschoben, der das Speisewasser enthielt, das durch ein Röhrchen mit Tropfspitze auf den Boden des unteren Cylinders sickerte und das Carbid, von unten beginnend, zersetzte. Das Acetylen gelangte durch ein, durch das Speisewasser führendes Röhrchen in einen Gummischlauch, sodann durch ein Messingröhrchen und einen zweiten Gummischlauch zum Brenner. Die zuerst der Neuerung skeptisch gegenüberstehende Radfahrerwelt änderte fast plötzlich ihre Meinung und heute ist die Fabrikation von Acetylen-Fahrradlaternen eine im lebhaften Aufschwunge begriffene Industrie mit kaum zu befriedigender Nachfrage.

Die Anforderungen, die an eine Acetylen-Fahrradlaterne gestellt werden, sind: Handlichkeit, rationelle Gasproduktion, Reinigung und Kühlung des Gases, hoher Leuchteffekt, Vermeidung von hohem Gasdruck. Es existieren Laternen nach dem Tropfsystem, einige nach dem Überlaufsystem, bei den meisten gelangt jedoch das Wasser von unten zum Carbid. Die Wasserbehälter befinden sich bei fast allen Konstruktionen über dem Carbidbehälter. Die Reinigung und Trocknung des Gases geschieht, indem das Gas durch eine Lage Watte, Asbest, Bimsstein, Carbid, Kalk geführt wird, oder man sucht eine Reinigung und Kühlung des Gases dadurch zu erreichen, dass das Gas durch das Speisewasser oder einen separaten Wasserbehälter geleitet wird. Jedenfalls kann man bei den kleinen Dimensionen, die man hinsichtlich des Gewichtes und der Zierlichkeit von einer Fahrradlaterne berechtigt verlangt, bezüglich der Reinigung und Trocknung des Acetylens keine grossen Ansprüche erfüllen. Als Brenner gelangen meistens Einloch- und kleine Zweiröhrenbrenner zur Verwendung.

Gegenwärtig befassen sich allein in Deutschland etwa 20 Fabriken mit der Anfertigung von Acetylen-Fahrradlaternen.

Die »Buffington Light Company« in New-York, fabriziert die beistehend abgebildete Acetylenfahrradlaterne. Fig. 158 zeigt die Laterne im Betrieb, Fig. 159 die inneren Arbeitsteile. A ist eine Wasserkammer, B Lampenkammer, C Boden der Lampenkammer, D Reflektor, F Hahn, G Hahngriff und Fingerstück, H Schraubenschlüssel im Wasserfüllungsloch und J zeigt die Carbidladung in einer Metallbüchse. Das Wasser tröpfelt von oben langsam auf das Calciumcarbid, erzeugt unten reines Acetylen und giebt ein sehr helles, weisses Licht von grosser Leuchtkraft. Die Laterne ist aus stark vernickeltem Messing hergestellt und 5 Zoll hoch. Carbid-

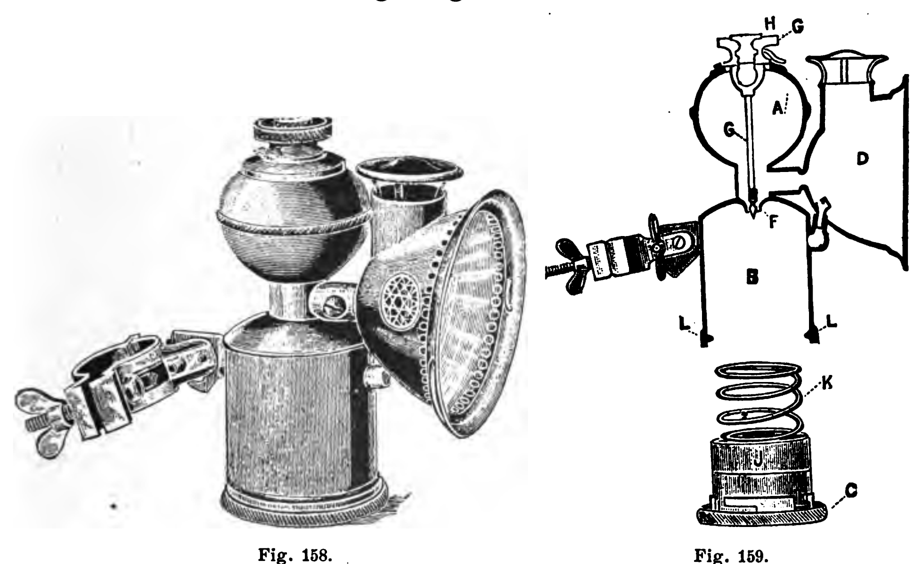


Fig. 158. Fig. 159.

patronen von vier Stunden Brenndauer sind in getrennte durchbohrte Metallbehälter gelegt, um bei Bedarf einzutreten, da der benutzte Behälter nach Entleerung ausgeschaltet wird.

Eine andere Fahrradlaterne von E. Th. Turney in Chicago, die merkwürdigerweise trotz ihrer Unbrauchbarkeit wiederholt nachgeahmt wurde, stellt Fig. 160 und 161 dar. An dem Gehäuse A ist ein Röhrchen a befestigt, das durch einen Schlauch mit dem Brenner verbunden ist. Das innere Gehäuse G wird durch eine Scheidewand in zwei Teile g g′ geteilt, die durch eine kleine Öffnung g″ in Verbindung stehen. Von g führt ein in der Scheidewand g′ befestigtes Rohr H, das durch den Schraubenverschluss H′ verschlossen wird, nach aussen, um durch dasselbe die Entwickelungsflüssigkeit, für die der

Erfinder 9 Teile Wasser und 1 Teil Holzgeist zur langsameren Erzeugung von Acetylen vorschlägt, in den Raum g einzuführen. Der Deckel I dient zum Verschliessen der Reinigungsöffnung. Die durch Deckel J′ verschlossene Röhre J enthält eine Carbidpatrone O, die durch die Spiralfeder P gegen das durch Muffe MN befestigte Drahtnetz L geschoben wird, um hier mit dem Wasser in Verbindung zu treten und Gas zu entwickeln, das durch die Kammer S, Verschluss T und Rohr a zum Brenner gelangt. K ist ein Gummiring, der das Eindringen von Wasser in den Raum J verhindern soll. Um die Gasentwickelung aufhören zu lassen, ist eine Scheibe Q mit Gummiplatte q dem Drahtnetz gegenüber mittels der Schraubenspindel R angebracht, sodass die Scheibe auf die Muffe M geschraubt werden kann, wodurch die Gummiplatte fest auf das Drahtnetz gepresst und die Patrone völlig von der Einwirkung der Flüssigkeit abgesperrt wird. Die praktische Unmöglichkeit dieser Konstruktion ist schon

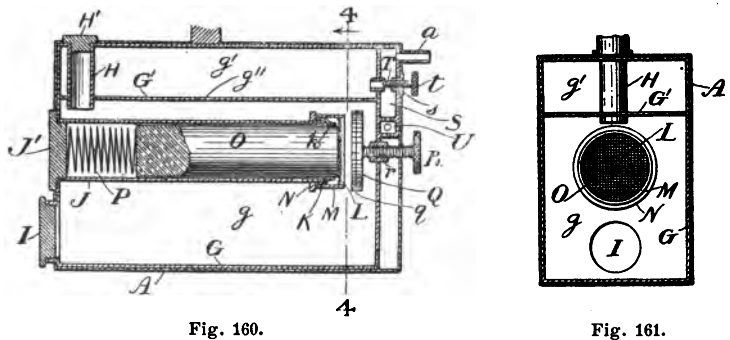


Fig. 160. Fig. 161.

dadurch erklärlich, dass der entstehende Kalkschlamm das Drahtnetz L schon nach wenigen Minuten verstopft und die Laterne vollständig versagt. Fig. 161 ist ein Schnitt nach der Linie 4—4.

Jmproved-Fahrradlampe der »Calcium King Light Company« in New-York (Fig. 162). Die Laterne unterscheidet sich von den bekannten Konstruktionen durch die Anordnung des Reflektors bezw. des Speisewasserbehälters. Der letztere (A in beistehender Figur) umschliesst vollständig den Reflektor ER, um auf diese Weise den Umfang der Laterne aufs äusserste zu beschränken. In den Raum B wird eine Carbidpatrone D gethan, die in der Mitte eine Öffnung hat, um die Hülse mit dem Wasserzulauf J aufnehmen zu können. Das Wasser läuft aus dem Behälter A durch die durch Pfeile angedeutete Öffnung H zu dem Hahn C, mittels welchem man es beliebig abstellen kann, und sodann durch J zum Carbid. Das entwickelte Gas tritt in das Brennerrohr, von wo es zum Brenner gelangt, der durch die erkenntliche Vorrichtung N leicht gereinigt

werden kann. Wir glauben kaum, dass sich die Brenner mit der bezeichneten Reinigungsvorrichtung bewähren.

Die in Fig. 163 abgebildete Fahrradlaterne von Jul. Ernst Arnold in Dresden enthält das Carbid in einem Napf, der aus dem Unterteil der Laterne herausnehmbar ist und in der Mitte des Bodens eine durchlochte Hülse trägt. In dieselbe greift von oben eine zweite Hülse, durch die das Wasser in die untere und von hier durch deren durchlochte Wand zum Carbid gelangt. Das entwickelte Gas nimmt seinen Weg durch den Siebboden und eine durch das Speisewasser führende Leitung zum Brenner. Die Firma liefert die Carbidfüllungen,

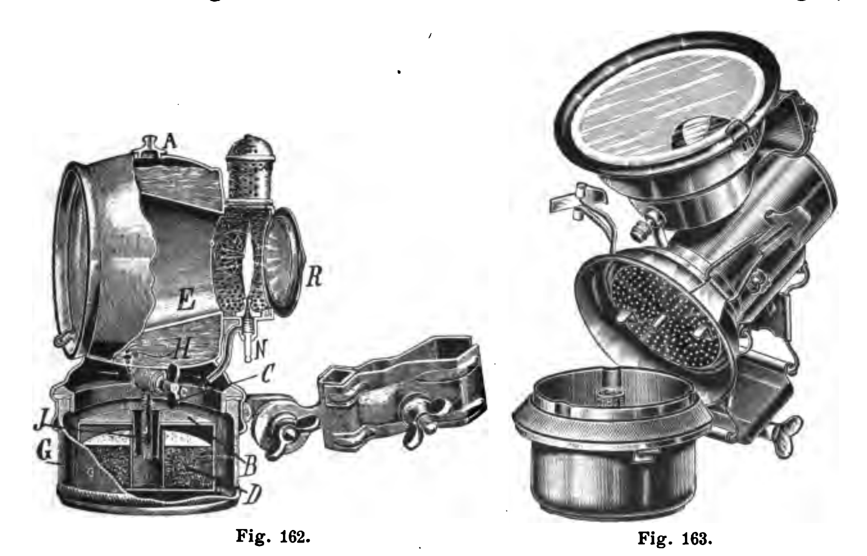


Fig. 162. Fig. 163.

dem Behälter angepasst, in Stanniol eingepackt. Man hat nur nötig, eine Seite des Stanniols abzureissen und die Packung in den Carbidbehälter zu legen.

Da das heisse Acetylen leicht die Brenner verstopft, hat man in der ersten Zeit dasselbe einen längeren Weg durch eine Leitung von Kautschuk oder Metall machen lassen, jedoch ist man später hiervon abgekommen, weil hierdurch die Laterne ein unschönes Aussehen erhielt und zu schwer wurde. Auch der Preis der bald von 30—40 ℳ auf 12—20 ℳ, in einzelnen Fällen sogar auf 5—8 ℳ pro Stück herabstürzte, wirkte auf grösstmöglichste Vereinfachung ein. Zwar wird das Gas gekühlt, wenn das Ableitungsrohr durch das Speisewasser führt, aber häufig wurde letzteres so erwärmt, dass an eine Kühlung nicht mehr zu denken war. Noch vernachlässigter als die Kühlung, war und ist noch die Reinigung, die bei den weit-

aus meisten Fahrrad-Acetylenlaternen garnicht berücksichtigt wird. Die in Fig. 164 gezeichnete Laterne nimmt nun auf diese Punkte Bedacht.

Das Carbid wird in den bei i abschraubbaren Behälter a geschüttet und Behälter b mit Wasser gefüllt. Soll die Laterne in Funktion treten, so wird durch Lösen der Schraube f die Spitze e des Ventilstiftes aus der Öffnung so weit gehoben, dass das Wasser langsam und tropfenweise aus b nach a zu gelangen vermag, worauf das nun sich entwickelnde Gas durch die Rohröffnung d in der Pfeilrichtung in den Kühler c gelangt, in dem das Gas zugleich wenigstens vom Ammoniak befreit wird. Das Gas dringt durch das Wasser

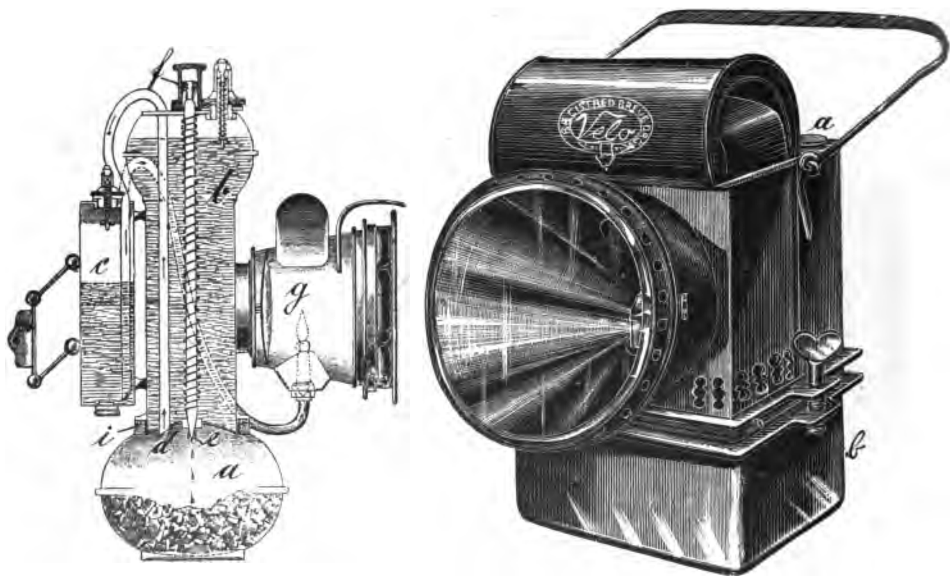


Fig. 164. Fig. 165.

und durch die S-förmig gebogene Röhre nach dem Brenner g, woselbst es entzündet wird. Aus den bereits früher angegebenen Gründen wird diese Laterne unregelmässig funktionieren, da bald wenig, bald viel Gas entwickelt werden wird.

Wie mannichfaltige Anwendung das Acetylen bereits findet, veranschaulichen ferner die Fig. 165—168. Dieselben stellen sämtlich Konstruktionen der Metallwarenfabrik »Velo« in Dresden dar und sind mehr oder weniger nach dem Prinzip der Fahrradlaternen derselben Firma entworfen. Die in Fig. 165 abgebildete Schaffnerlaterne für Acetylen entspricht hinsichtlich des Entwicklers ganz der

Handlaterne Fig. 166. Das Carbid befindet sich in dem Behälter b, das Wasser in dem die Rückwand der Laternen bildenden Behälter, in den es nach Entfernen der Verschlussschraube a gefüllt wird. Der Zufluss zum Carbid wird durch Hahn c geregelt und abgestellt. Bei d wird das Acetylen verbrannt. Die Laternen sind nach dem System gebaut, dass das Carbid von unten angegriffen wird. Die Wagenlaterne Fig. 167 ist in nichts äusserlich von einer Kerzen- oder Petroleumlaterne zu unterscheiden. Das Carbid ist hier in einer in der Scheide b befindlichen durchlochten Hülse aufgespeichert, während das Wasser bei a in den Reflektormantel eingefüllt wird. Es wird verständlich sein, dass gerade die Anwendung des Ace-

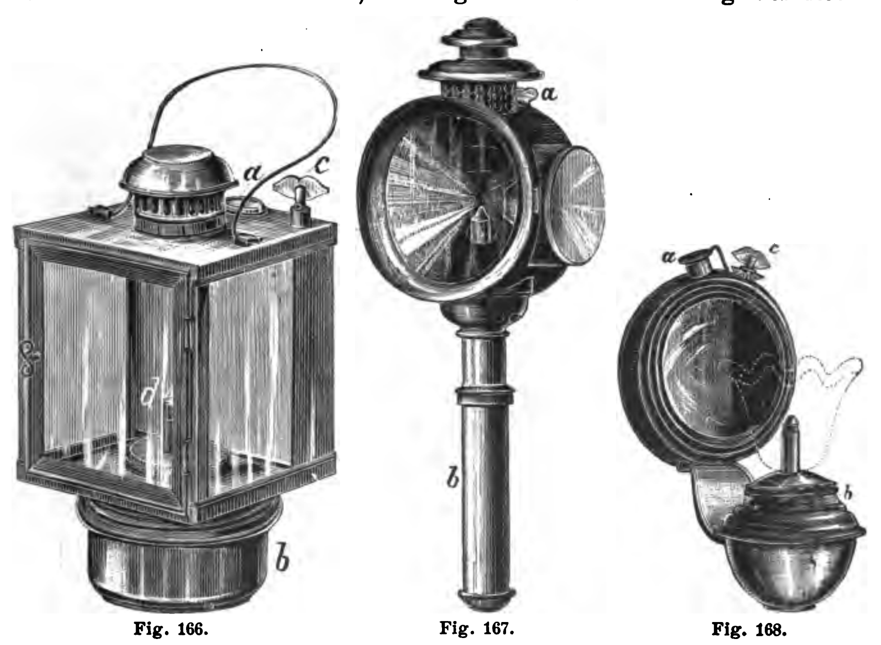


Fig. 166. Fig. 167. Fig. 168.

tylens für Wagenlaternen eine glückliche Idee ist, denn gerade diese erfordern ein intensives Licht. Die bisherigen mangelhaften Lichtquellen der Wagenlaternen sind ein tiefgefühltes Übel. — Die Korridorlampe Fig. 168 trägt das Speisewasser in den aus einem Hohlkörper bestehenden Reflektor und wird wie oben bei a eingefüllt und durch Hahn c reguliert. Das Wasser gelangt durch den hohlen S-förmig gebogenen Verbindungteil zu dem in dem Bassin b befindlichen Carbid. Die Lampe erhält einen kleinen Einlochbrenner und brennt mithin sehr sparsam. Bei allen diesen Miniaturgeneratoren muss nach dem Abdrehen des Wasserhahnes das im Carbidbehälter

noch vorhandene oder durch die Nachentwickelung entstehende Gas vollständig ausbrennen, weshalb es falsch ist, den Brennerhahn zuzudrehen. Soll derselbe nicht zum Regulieren der Flamme dienen, so lässt man ihn vorsorglicherweise ganz weg.

Ausser den bisher beschriebenen Anwendungs. arten des Acetylenbeleuchtung, hat man dieselbe frühzeitig auch für transportable Beleuchtung von Gärten, Höfen, Strassen kleiner Orte u. s. w. in Betracht gezogen. Acetylen-Strassenlaternen sind wohl im Anschluss an eine bestehende Acetylen-Gasanstalt leicht aufzustellen und unterscheiden sich in diesem Falle bis auf den Brenner in nichts von gewöhnlichen Strassenlaternen. Unzweifelhaft ist aber das Bedürfnis nach Ständerlaternen, die unabhängig von einer Centrale aufzustellen sind und keinen besonderen Rohranschluss erfordern. Man hat zur Befriedigung dieses Bedürfnisses zuerst kleine Apparate von drei Flammen benutzt und diese zur Speisung von 1 bis 3 Laternen benutzt; aber dieses System entsprach aus naheliegenden Gründen nicht dem Wunsche der Interessenten. Deshalb speiste man später jede Laterne mittels einem besonderen ihr beigegebenen Einflammapparates, welches System auch bis heute beibehalten ist und sich den Verhältnissen nach gut bewährt. Man baut diese kleinen Generatoren nach dem Tropf-, Tauch-, Spül- und Einfall-System, seltener nach dem Überschwemm-System. Aus den, in dem Abschnitt: »Die Apparate zur Entwickelung des Acetylens« dargelegten Gründen, sollte man die ersten drei Systeme unbedingt für solche kleine Entwickler verwerfen. Eine Aufspeicherung von Gas ist bei den kleinen Dimensionen des Apparates nicht durchführbar, man lässt deshalb das Gas nach dem Abdrehen des Wasserhahnes ausbrennen oder man bemisst beim Füllen des Apparates gleich das Carbidquantum nur dem Bedarf für die einmalige Brenndauer entsprechend. Eine Kühlung des Acetylens, ehe es in die Leitung gelangt, halten wir bei diesen Laternen, namentlich wenn sie im Freien stehen, unbedingt für geboten, da das, namentlich in Tropf-, Tauch- oder Spülapparaten, entwickelte Acetylen eine hohe Temperatur besitzt und sich demzufolge leicht in den kalten Leitungsrohren Kondensprodukte absetzen, die eine Verstopfung her-

Fig. 169.

beiführen können. Aus demselben Grunde halten wir in diesen Fällen eine Trocknung für erforderlich. Die Reinigung wird sich wohl in den meisten Fällen auf die Entfernung des Ammoniaks beschränken müssen, um den Fuss der Laterne nicht zu plump zu gestalten, und dann auch des Preises wegen. Bei Entfernung des Ammoniaks wird auch teilweise der in der Regel sehr wenig vorhandene Schwefelwasserstoff absorbiert.

Fig. 169 ist eine sehr bekannte Ausführung der »Société Internationale de l'Acétylène« in Paris. In dem Generator fällt das Carbid ins Wasser; es muss deshalb in kleinen Stücken angewendet

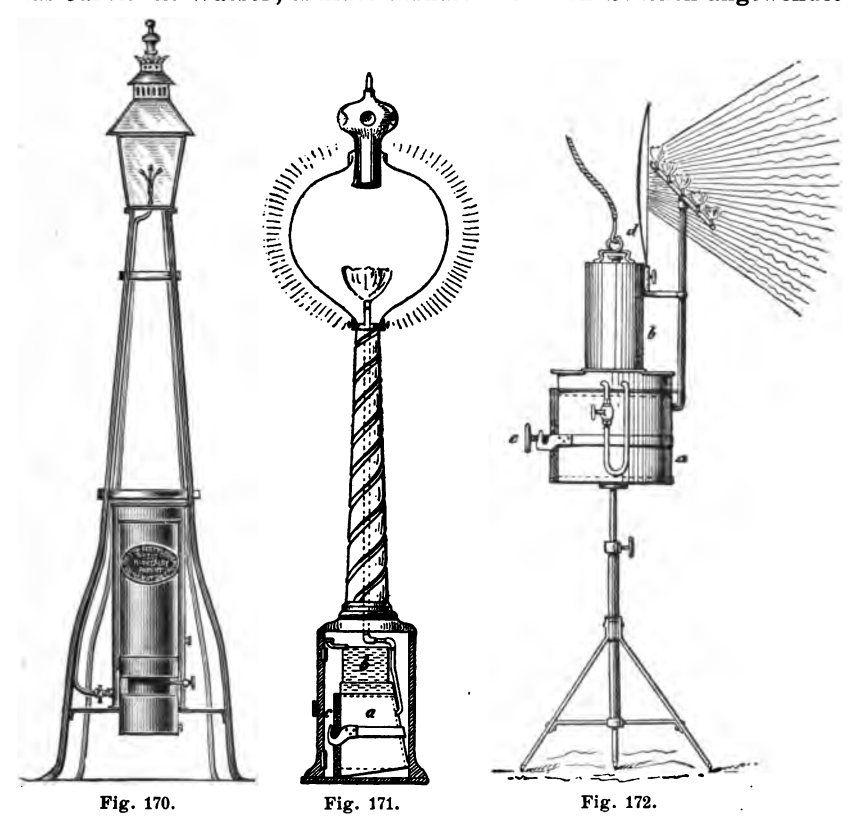


Fig. 170. Fig. 171. Fig. 172.

werden. Da die Dauer der Beleuchtung vorher ziemlich sicher bei solchen Anlagen zu bestimmen ist, so kann man das Carbidquantum in dem kleinen Generator so bemessen, dass es gerade für diese Zeit ausreicht. Die transportable Strassenlaterne der »British Acetylene Gas Generator Co. Ltd.« in Kirkcaldy (Fig. 170) trägt zur Gaserzeugung einen Generator, der auf dem Prinzip der kommu-

nizierenden Röhren beruht, bei dem also Gas- und Wasserdruck je nach ihrer Stärke die Thätigkeit des Entwicklers regulieren. Die Laterne ist ganz aus Schmiedeeisen gefertigt. Fig. 171 ist einer Ausführung der »Deutschen Acetylen-Gas-Gesellschaft« in Berlin nachgezeichnet und ohne weiteres verständlich. Eine andere Verwendung des Acetylenlichtes ist in der Acetylengasfackel der »Deutschen Acetylen-Gas-Gesellschaft« (Fig. 172) dargestellt. Die Fackel steht auf einem in der Höhe verstellbaren Fusse, der untere Teil a ist der Vergaser, b der Wassercylinder, c der gasdichte Verschluss. Ein Blechkasten wird in den Vergaser a mit der erforderlichen Carbidmenge eingeführt, worauf das Tropfventil geöffnet wird. Letzteres giebt nur soviel Wasser ab, als die jeweilige Flammenzahl zur Gasbildung erfordert. Überdruck ist nicht vorhanden; die Flammen brennen durchaus ruhig und gleichmässig. Die Gasfackeln werden von 500—3000 Kerzenstärke geliefert. Die Gasfackel ist deshalb wegen ihrer Billigkeit und der leichten, schnellen Inbetriebsetzung für gewisse Fälle bei weitem dem elektrischen Bogenlichte vorzuziehen.

Acetylen für photographische und Projektionszwecke.

Zu den Vorzügen des Acetylenlichtes gehört die Bequemlichkeit, mit der es zubereitet werden kann. Diese Vorzüge sind insbesondere neben seiner hohen Leuchtkraft und reinen Farbe die Veranlassung, dass das Acetylen auch in der photographischen Praxis und in der optischen Projektionskunst immer grössere Verbreitung findet. Die Aufnahme von Photographien war bisher im allgemeinen nur bei Tageslicht möglich gewesen. Von künstlichen Beleuchtungsanlagen waren nur das elektrische Bogenlicht und das Magnesiumlicht dafür in Betracht gekommen, da alle anderen Lichtarten erstens nicht intensiv genug sind und zweitens deren Farbe zu verschieden von dem Sonnenlicht ist. Das elektrische Bogenlicht eignet sich zwar durch Stärke und Farbe des Lichtes zu photographischen Zwecken, aber seine Anwendung ist nur in Orten möglich, wo eine elektrische Centrale vorhanden ist, und auch dort sind die Kosten so beträchtlich, dass nur sehr bedeutende Ateliers sich diesen Luxus gestatten können. Das Magnesiumlicht gestattet erstens nur Momentaufnahmen, zweitens verbreitet dasselbe Dunst und üblen Geruch, so dass mehrere Aufnahmen hintereinander unmöglich werden. Schliesslich sind auch die Kosten nicht unbedeutend. Dieser Übelstand macht sich für Photographen besonders in den Wintermonaten höchst unangenehm bemerkbar, wo dieselben nur wenige Stunden arbeiten können. Eine Beleuchtung, welche hell genug ist, um photographische Aufnahmen zu machen, und so billig ist, dass auch kleinere Photographen die-

selbe einführen können, ist deshalb von der grössten Bedeutung. In Deutschland sind es insbesondere die Allgemeine Carbid- und Acetylengesellschaft in Berlin und die der photographischen Industrie angehörige Firma Unger & Hoffmann in Dresden, die dieser Verwendungsart des Acetylens ihr Augenmerk zuwandten.

Als Apparate für photographische Aufnahmen und Projektion kommen kleine, möglichst einfache und leichte Generatoren in Anwendung, die weder beim schnellen und häufigen Transport durch ihr Gewicht oder Konstruktion nicht unbequem sind und die ferner in die kleinen Innenräume der Projektionsapparate passen. Trotzdem müssen diese kleinen Apparate für Projektionszwecke bis 200 HK zu erreichen ermöglichen, wenn sie von genügender Wirkung sein sollen. Für photographische Aufnahmen hat man einen grösseren Spielraum hinsichtlich der Grösse der Apparate, da dieselben im Atelier einen besonderen Platz erhalten und nicht im Innern des photographischen Apparates Aufnahme finden. Die bei Acetylenlicht aufgenommenen Photographien unterscheiden sich in nichts von bei Tageslicht gemachten Aufnahmen, doch ist es notwendig, bestes Carbid für das hierfür nötige Acetylen zu verwenden und das Gas zu reinigen, um eine absolut weisse Flamme zu erhalten, durch die man an die Farbe des Tageslichtes möglichst nahe heranreicht bezw. sie ganz ersetzt. Da für Projektionszwecke zur Erreichung der grossen Helligkeit mehrere Brenner angewendet werden, so verfehlen wir nicht zu bemerken, dass auch hier wie bei den sonstigen Reflektoren es günstiger ist, wenn die Flammen hintereinander, anstatt nebeneinander angeordnet werden.

Speziell für Projektionszwecke ist der Apparat von Unger & Hoffmann in Dresden (Fig. 173) bestimmt und in Verbindung mit einer Projektionslaterne dargestellt. Bei der Anwendung dieses Apparates nimmt man den inneren Cylinder heraus und füllt den äusseren Cylinder bis zu einer im Inneren angebrachten Markierung mit Wasser. Dann dreht man den Hahn ganz auf und verbindet den Generator mit dem Brenner mittels des Schlauches. Nun schraubt man die Kreuzstange und den Ventildeckel oben vom Gasbehälter ab und füllt den Carbidbehälter mit Carbid. (Für eine Brenndauer von zwei Stunden ist bei Verwendung des mit diesem Apparate verbundenen Doppelbrenners ungefähr $^1/_2$ *kg* Carbid erforderlich, das ca. 0,140 *cbm* Gas liefert.) Man muss vermeiden, dass kleine Stückchen des Carbids auf den Boden fallen und muss mit Rücksicht auf die Ausdehnung oben einen 10 *cm* tiefen freien Raum lassen. Hierauf setzt man den Behälter, den Ventildeckel und die Kreuzstange wieder ein und zieht die Schraube oben am Apparate fest an. Sodann setzt man den Gasbehälter in das Wasser-

gefäss und lässt ihn langsam einsinken, bis das Wasserniveau an das Carbid heranreicht. Sobald der Gasbehälter zu steigen beginnt, zündet man an der Brennerspitze das ausströmende Acetylen an. Wenn die Flamme brennt, bedarf der Apparat keiner Überwachung, sollte es aber nötig sein, das Gas eine Zeit lang zu reservieren, so

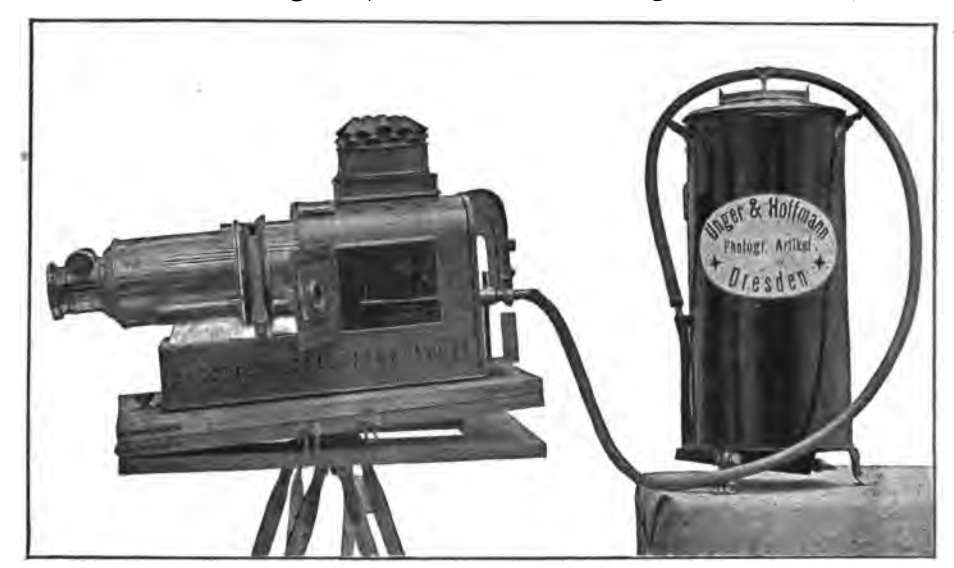


Fig. 173.

muss die Flamme ganz niedrig gedreht und wieder ein Paar Minuten lang aufgedreht werden, sobald der Carbidbehälter mehr als 20 *cm* hoch steigt.

Die Verunreinigungen des Acetylens und deren Beseitigung.

Es ist eine allgemein bekannte Thatsache, dass das Acetylen niemals rein aus dem Carbid hergestellt werden kann, sondern, dass es, bevor es zur Verbrennung gelangt, mehr oder weniger stark verunreinigt wird. Die Verunreinigungen bestehen aus:

Ammoniak . . . . (NH_3)
Schwefelwasserstoff . . . . (H_2S)
Phosphorwasserstoff . . . . (PH_3 und P_2H_4)
Wasserstoff . . . . (H)
Kohlenoxyd . . . . (CO)
Kohlensäure . . . . (CO_2)
Siliciumwasserstoff . . . . . (SiH_4)
Stickstoff . . . . (N)
Sauerstoff . . . . (O)

Vorwiegend kommen die vier erstgenannten Verunreinigungen in Betracht, auf deren Entfernung man deshalb auch hauptsächlich das Augenmerk richtete. Die Verunreinigungen des Acetylens haben ihre Ursache in Verunreinigungen des Calciumcarbids, die teilweise der Verwendung unreiner Rohstoffe entspringen, wie Phosphorwasserstoff und Schwefelwasserstoff und teilweise eine Folge des ohne genügende Sorgfalt geleiteten Schmelzprozesses sind, wie Ammoniak und Cyanverbindungen. Im Acetylen, das aus Carbid amerikanischer Provenienz durch Auftropfen von Wasser erhalten wurde, wurde konstatiert:

Ammoniak	0,09 %
Phosphorwasserstoff	0,03 »
Schwefelwasserstoff	0,08 »
Wasserstoff	0,02 »

Eine zweite amerikanische Carbidprobe ergab Acetylen mit folgenden Verunreinigungen:

Ammoniak	0,06 %
Phosphorwasserstoff	0,09 »
Schwefelwasserstoff	0,02 »
Siliciumwasserstoff	Spuren.

Acetylen aus Carbid schweizerischer Herkunft enthielt:

Ammoniak	0,10 %
Phosphorwasserstoff	0,02 »
Schwefelwasserstoff	0,03 »
Siliciumwasserstoff	Spuren.

Eine zweite Acetylenprobe aus einem anderen schweizerischen Carbid ergab an Verunreinigungen:

Ammoniak	0,07 %
Phosphorwasserstoff	0,06 »
Schwefelwasserstoff	Spuren.

Von den übrigen angeführten Verunreinigungen waren, wenn überhaupt, nur so geringe Spuren vorhanden, dass von deren prozentualer Feststellung Abstand genommen werden konnte. Aus einer grösseren Reihe Analysen sind die vorstehenden vier herausgegriffen, um den Durchschnitt der Verunreinigungen zu zeigen.

Bevor man zu einer Entfernung derselben schreitet, hat man sich zunächst Ursache, Charakter und Wirkungen der Verunreinigungen klar zu machen, worüber sich die meisten Reinigungserfinder aber wenig Kopfzerbrechen machten. Sie gingen zum grossen Teil von empirischen Grundsätzen aus und verschlimmerten auf der einen Seite, was auf der anderen verbessert wurde. Doch auch unter den wissenschaftlich arbeitenden Reinigungstechnikern ist ein scharfes Pro und Contra stark hervortretend. Was der Eine für gut befindet,

hält der Andere für bedenklich. Aus beiden Gründen sind eine erhebliche Anzahl Reinigungsmittel und -Methoden längst wieder verschwunden, und mit der Zeit haben sich wenigstens einigermaassen die Ansichten gegenseitig geklärt. Sicher ist, dass die Frage der Reinigung des Acetylens ebenso wichtig, wie schwierig ist, und einer eminenten Menge von Arbeit bedarf, ehe sie vollständig gelöst sein wird, trotzdem wir auch heute bereits dem Stande dieser Frage angemessene Reinigungsverfahren besitzen, die vorläufig befriedigen müssen.

Die Reinheit des Acetylens geht mit der Reinheit des Carbids naturgemäss Hand in Hand. Es ist deshalb die grösste Sorgfalt auf möglichst reine Rohmaterialien zu verwenden und vor allem der Gebrauch von minderwertigen, unreinem Carbid entschieden zu vermeiden. Die Verunreinigungen werden natürlich ihre nachteiligen Wirkungen bereits ausüben, ehe das Gas zu den Reinigern gelangt, da man im Innern des Generators eine Reinigung nicht auf praktisch durchführbare Weise bewerkstelligen kann. Eine starke Verunreinigung des Acetylens wird ausser schneller Korrosion der inneren Teile des Generators eine stets vorhandene Entzündungsgefahr in sich bergen.

Die Bildung von Wasserstoff führt Cedercreutz[1]) auf die Gegenwart metallischen Calciums im Carbid zurück und hebt hervor, dass man mehrfach Carbide mit 350, ja sogar 400 *l* Acetylen pro Kilogramm erhalten hat. Bei Untersuchungen dieses Gases ist bis zu 20% Wasserstoff nachgewiesen worden. Das Entstehen metallischen Calciums ist eine Folge zu hoher Temperatur und dadurch bedingter Dissoziation des Carbids oder eines Kalküberschusses in der Rohmaterialienmischung.[2])

Diese Ansicht über die Entstehung des Wasserstoffes im Acetylen ist allgemein verbreitet, denn neben der Hauptreaktion:

$$CaO + C = CaC_2 + CO$$

Calciumoxyd + Kohlenstoff = Calciumcarbid + Kohlenoxyd

kann man noch, wenn Kalk im Überschuss vorhanden ist, die besondere Reaktion:

$$CaO + C = Ca + CO$$

Calciumoxyd + Kohlenstoff = Calcium + Kohlenoxyd

wahrnehmen.

Die Bildung von Ammoniak findet bekanntlich statt, wenn sich Wasserstoff mit Stickstoff nach der oben angegebenen Formel NH_3 verbindet. Ammoniak ist ein farbloses Gas von stechendem

[1]) Acetylen in Wissenschaft u. Industrie 1898, 10, 118.

[2]) Moissan: Der elektr. Ofen, S. 271.

Geruch und wird vom Wasser mit ausserordentlicher Gier in grossen Mengen absorbiert, und zwar löst ein Volumen Wasser bei 0° 1050, bei 15° 727, bei 20° 654 Volumina Ammoniak, wobei es sich erwärmt. 1 *g* Wasser löst bei 0° 0,875, bei 10° 0,697, bei 20° 0,526, bei 30° 0,403, bei 40° 0,307, bei 50° 0,229 *g* Ammoniak, wonach man die Wassermenge im Wäscher und die Dauer deren Brauchbarkeit feststellen kann. Daher wird das Ammoniak schon durch Waschen des Acetylens mit genügenden Mengen Wasser aus demselben entfernt.[1])

Bei der Steinkohlengasfabrikation, wo es sich im Gas- oder Kondensationswasser vorfindet, wird es fabrikmässig gewonnen. Man destilliert zu diesem Zweck die Wässer, die auch viel schwefelammonium und kohlensaures Ammoniak enthalten, mit Ätzkalk, der die Ammoniakverbindungen zersetzt, und benutzt zur Ersparnis von Brennmaterial und um konzentrierte Lösungen zu erhalten, Destillierapparate nach dem Prinzip der in der Spiritusfabrikation gebräuchlichen Rektifikationsapparate, wobei die Wasserdämpfe zum Teil kondensiert in den Kessel zurückfliessen, während mit Ammoniak gesättigter Dampf in den Kühlapparat gelangt.

Bei der Acetylenentwickelung führt man die Ammoniakbildung auf Stickstoffverbindungen zurück, die während des Schmelzprozesses im elektrischen Ofen bei der Calciumcarbidfabrikation entstehen. Magnesiumoxyd (Magnesia, MgO), das sich im Kalk vorfindet, bildet im elektrischen Lichtbogen kein Carbid, sondern wird zu Metall reduziert und beim Herausnehmen des heissen Carbids aus dem Ofen entsteht Magnesiumstickstoff ($Mg_3 N_2$). Tritt nun Wasserstoff hinzu, so entsteht Ammoniak.

Ausser dem Magnesiumoxyd bezw. Magnesiumstickstoff sucht Bamberger nachzuweisen,[2]) dass auch das Aluminium als ammoniakbildende Verunreinigung in Betracht kommt. Aluminium ist in Form von Thon in den meisten Kalkarten und in den Silikaten der Koksasche enthalten. Aluminiumoxyd wird bei Gegenwart von Kohle zu Metall reduziert bei Kohleüberschuss zu Aluminiumcarbid. Das Metall bindet beim Verbrennen an der Luft ebenfalls Stickstoff. Ferner meint Bamberger, dass auch vorkommende Cyanverbindungen eine weitere Quelle des Ammoniaks im Acetylen bilden und zwar infolge Verseifung von Cyancalcium durch überhitzten Wasserdampf.

Die Wirkungen des Ammoniaks sind bekannt. Sie bestehen in Korrosion der Metallteile und dadurch hervorgerufener Bildung

---

[1]) Bei Einwurfapparaten ist daher ein Wäscher für Ammoniak überflüssig.

[2]) Zeitschrift f. angew. Chemie 1898, 31, 721.

der explosiven Acetylenüren, und ferner in Verstopfungen der Leitungen und Brenner. Die Angriffe des Ammoniaks auf die Eisenteile zerstören stellenweise die Verzinkung und fördern das Durchrosten der verschiedenen Teile. Deshalb sind die Mechanismen der Generatoren nicht in das Innere derselben anzuordnen, da sie dort den Angriffen des Ammoniaks und der übrigen Verunreinigungen ausgesetzt sind. Bei Einwurfapparaten wird das Ammoniak und teilweise auch der Schwefelwasserstoff zwar absorbiert, aber trotzdem ist eine schädliche Einwirkung auf die Eisen- und Metallteile im Innern des Generators naheliegend.

Die Entwickelung des Schwefelwasserstoffes bei der Acetylenbereitung hat zu den verschiedensten Kombinationen Veranlassung gegeben, ohne dass eine vollständige Erklärung gefunden ist. Am verbreitetsten ist die Annahme, dass der Schwefelwasserstoff in dem Vorhandensein von Schwefelaluminium ($Al_2 S_6$) im Carbid seinen Ursprung hat, da dasselbe das einzige Sulfid ist, das durch Wasser unter quantitativer Schwefelwasserstoffabgabe zersetzt wird. Die Zersetzung tritt aber erst bei einer gewissen Temperatur ein, weshalb die Menge des gebildeten Schwefelwasserstoffes ganz verschieden gross, je nach der Art der Acetylenentwickelung ist. In Acetylen aus Apparaten mit niedrigen Temperaturentwickelungen wird aus diesem Grunde weniger Schwefelwasserstoff gefunden werden. So stellte Wolff[1]) in Acetylen aus einem Tropfapparat 0,06 %, in Acetylen aus einem Einwurfapparat 0,02 % $H_2 S$ fest, während die Summe mit den im Rückstand enthaltenen Schwefelwasserstoff ungefähr gleich ca. 0,08 % war. In beiden Fällen war Carbid gleicher Güte benutzt worden.

v. Szepczynski[2]) schliesst sich der in »L'Avenir l'Acétylène«[3]) ausgesprochenen Meinung an, dass die Bildung des Schwefelwasserstoffes von der Gegenwart von Schwefelcalcium herrührt, das aus dem im Kalk enthaltenen schwefelsauren Kalk oder dem Schwefelkies der Kohle entsteht. Bei Einwirkung von Wasser und der Reaktionswärme sei folgender Prozess zu beobachten:

$$2\,CaS + 2\,H_2O = Ca(OH)_2 + CaH_2S_2$$

Schwefelcalcium + Wasser = Kalk + Calciumhydrosulfid,

d. h. das Schwefelcalcium zerfällt in Calciumhydroxyd und Calciumhydrosulfid, eine wenig beständige Verbindung, die sich wieder in Schwefelcalcium und Schwefelwasserstoff spaltet:

$$CaH_2S_2 = CaS + H_2S$$

Calciumhydrosulfid = Schwefelcalcium + Schwefelwasserstoff.

[1]) »Das Acetylen«, Beil. zu »Kraft und Licht«, 1898, 11.

[2]) Zeitschrift f. Calciumcarbid u. Acetylen 1898, 24, 187.

[3]) 1898, Nr. 3.

Diese Annahme steht also im direkten Gegensatz zu der oben ausgesprochenen, die u. a. von Lunge,[1] Cedercreutz,[2] Murlot[3] u. a. vertreten wird. Hempel[4] und Kahl[5] bestreiten überhaupt das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff im Acetylen und suchen nachzuweisen, dass die geringen Quantitäten Schwefel, die im Acetylen gefunden wurden, wahrscheinlich als schwefelhaltige organische Verbindungen darin enthalten sind. Sie meinen, dass, da der Rückstand, der bei Zersetzung des Calciumcarbids mit Wasser bleibt, der Hauptsache nach aus Calciumhydroxyd, Eisencarbid, Eisencilicid und Karborundum besteht, also stark alkalisch reagiert, so ist es ganz sicher, dass das Acetylen keinen Schwefel als Schwefelwasserstoff enthalten kann.

Hieraus geht am besten der wenig geklärte Stand der Reinigungsfrage und die Schwierigkeit der Lösung derselben, hervor. In Anbetracht der Sachlage ist aber im vorliegenden Falle wesentlich auf eine Reinigung des Acetylens auch von Schwefelwasserstoff Bedacht zu nehmen. Wenn auch mitunter schwefelwasserstofffreies Acetylen vorkommt, so ist es doch in der Praxis ganz ausgeschlossen, dies beständig zu kontrollieren. Etwas mehr Reinigung ist besser, als zu wenig.

Der Schwefelwasserstoff ist eine gasförmige Verbindung von Wasserstoff und Schwefel nach der Formel H_2S, der sein Vorkommen sofort durch den an faule Eier erinnernden Geruch verrät. Er wirkt erstickend und im höchsten Grade giftig, jedoch haben geringe Mengen desselben, wenn es z. B. als Schwefelwasser zur Anwendung kommt eine entschieden wohlthätige Wirkung, besonders, auf das Respirationssystem. Schwefelwasserstoff verbrennt mit blauer Flamme zu schwefliger Säure und Wasser, unterhält aber selbst das Verbrennen nicht.

Die Wirkungen des Schwefelwasserstoffes im Acetylen sind seine Gesundheitsschädlichkeit, wenn er in erheblichen Mengen auftritt, sein übler Geruch, den er dem Acetylen mitteilt, und die in Verbindung mit den übrigen Verunreinigungen veranlasste Herabminderung der Leuchtkraft des Acetylens. Die Entfernung des Schwefelwasserstoffes geschieht schon durch energisches Waschen mit Wasser, Durchleiten durch Kalk, Raseneisenstein u. s. w.

Die Bildung des Siliciumwasserstoffes (SiH_4) ist eine Folge der Bildung von Siliciden. Die Reduktion der im Kalk und

---

[1] Zeitschrift f. angew. Chemie 1897, 654.
[2] Zeitschrift f. angew. Chemie 1897, 654.
[3] Compt. rend., 123, 54, u. 124, 768.
[4] Zeitschrift f. angew. Chemie 1898, 174.
[5] Zeitschrift f. angew. Chemie 1898, 174.

in der Asche des Kokes enthaltenen Eisensilikate kann in. statu nascendi Silicium ergeben. Ist dann Eisen oder Magnesium vorhanden, so können sich Siliciummetalle bilden, die mit saurem Wasser Siliciumwasserstoff ergeben, der ohne weiteres an der Luft entzündlich ist. Die Mengen des im Acetylen vorkommenden Siliciumwasserstoffes sind so gering, dass eine Gefahr für Selbstentzündung ausgeschlossen erscheint. Die Analyse eines anscheinend reichliche Mengen von Siliciumwasserstoff enthaltenden Acetylens ergab nach Lewes[1]) eine Kieselsäuremenge, die einem Gehalt von 0,01 % Siliciumwasserstoff entsprach.

Der Siliciumwasserstoff ist ein farbloses übelriechendes Gas, das im Wasser unlöslich ist. Er verbrennt zu Wasser, Siliciumoxyd und Silicium.

Die Bildung von Phosphorwasserstoff bietet für die Acetylengewinnung die lästigste, weil am schwierigsten zu entfernende Verunreinigung. Phosphorwasserstoff ist dadurch merkwürdig, dass er in der einen Form selbstentzündlich ist, in der anderen aber nicht. Der gasförmige (PH_3) entzündet sich bei 100°, der flüssige (P_2H_4) bei gewöhnlicher Temperatur spontan, der feste (P_4H_2) ist jedoch nicht selbstentzündlich. Die Entstehung des Phosphorwasserstoffes ist nach allgemeiner Ansicht auf das zuerst von Willgerodt[2]) nachgewiesene, im Carbid vorhandene Phosphorcalcium, zurückzuführen, dessen Bildung im elektrischen Ofen vor sich geht und seinen Ursprung in dem Phosphorgehalt der Rohstoffe, Kalk und Kohle hat. Der Vorgang wird durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$(PO_4)_2Ca_3 + C_8 = 8\,CO + P_2Ca_3$$

Calciumphosphat oder phosphorsaurer Kalk + Kohlenstoff = Kohlenoxyd + Phosphorcalcium.

Dieses Phosphorcalcium giebt bei Berührung mit Wasser Kalk und Phosphorwasserstoff, nach folgender Reaktion:

$$P_2Ca_3 + 6\,H_2O = 2\,PH_3 + 3\,Ca(OH)_2$$

Phosphorcalcium + Wasser = Phosphortrihydrür + Calciumhydroxyd.

Lewes[3]) hat über die Art und Menge des Phosphorwasserstoffes im Acetylen im Verein mit Redwood eingehendere Versuche angestellt und Phosphorwasserstoff zunächst aus Phosphorcalcium entwickelt um bestimmen zu können, welche Mengen dem Acetylen beigemischt werden müssen, um ein selbstentzündliches Gemenge zu erhalten. Die blosse Berührung mit Wasser, wie sie das Mischen der Gase erheischt, machte jedoch das erhaltene Gemisch nicht

---

[1]) Journ. of the Society of Chem. Industry, XVII, 532.

[2]) Berichte d. deutsch.-chem. Gesellsch., XXVIII, 2107.

[3]) Journ. of the Society of Chemical Industry, XVII, 532.

selbstentzündlich, selbst bei Verwendung von heissem Wasser, auch ergab sich, dass der über Wasser aufbewahrte Phosphorwasserstoff nach einiger Zeit seine Selbstentzündlichkeit einbüsst, weil sich, wie bekannt, der selbstentzündliche Phosphorwasserstoff ($P_2 H_4$) in festen ($P_4 H_2$) und gasförmigen (PH_3) Phosphorwasserstoff zersetzt. Phosphorwasserstoff wurde alsdann durch Einwirkung von Phosphor auf kochende Natronlauge bereitet, und beobachtet, dass auch bei Anwendung von heissem Wasser mehr als 80% Phosphorwasserstoff nötig sind, um Gemische aus diesem Gase und Acetylen selbstentzündlich zu machen.

Aus diesen Versuchen folgert Lewes, dass nach Bereitung des Gasgemisches ein hoher Gehalt an Phosphorwasserstoff noch vollständig harmlos ist und dass absolut keine Gefahr für Selbstentzündung vorliegt. In Bezug auf die Entstehung nachteiliger Verbrennungsprodukte und auf ein Sinken der Entzündungstemperatur liegen die Verhältnisse jedoch wesentlich ungünstiger.

Wenn man jedoch die Art, wie das Carbid in gewissen Acetylenerzeugern mit dem Wasser in Berührung kommt, in Betracht zieht, und die sehr hohen Temperaturen, welche bei der Einwirkung von Wasser auf das Calciumcarbid, wenn ersteres auf letzteres tropft oder langsam an dasselbe von unten heraufsteigt, eintreten können, berücksichtigt, so muss zugegeben werden, dass Selbstentzündung einer solchen Mischung mit Luft nicht ausgeschlossen ist. Sie würde jedoch nicht stattfinden, wenn obige Mischung nur mässig erhitzt wird.

Hierauf führte Lewes eine Reihe von Versuchen aus, um festzustellen, welche Mengen von Phosphorcalcium dem Calciumcarbid beigemischt werden müssen, um Selbstentzündung des Gasgemisches bei der Berührung mit Luft zu erzielen. Um solche Versuche vollständig vergleichbar zu machen, war es notwendig, dass die Substanzen in jedem Versuche in derselben Verteilung vorhanden waren, und dass eine entsprechende Wassermenge der Mischung zugesetzt wurde. Reines Calciumcarbid und frisch dargestelltes Phosphorcalcium wurden gepulvert und gesiebt, so dass beide von gleicher Korngrösse waren. Hierauf wurden Mischungen beider Pulver hergestellt und in Mengen von 5 *g* in kleine Porzellanschalen, deren jede 5 *ccm* Wasser enthielt, eingetragen und hierbei ergab sich, dass von 50% bis zu 1% Phosphorcalcium Selbstentzündung des entwickelten Gases in vielen Fällen beobachtet wurde, und gleichzeitig wurde festgestellt, dass sich das Acetylen viel rascher entwickelt als der Phosphorwasserstoff und dass die Entzündung des letzteren meistens erst nach der ersten Hauptentwickelung des Acetylens eintritt. Das Phosphorcalcium wird also viel langsamer zersetzt als

das Calciumcarbid. Ferner ging aus den Untersuchungen hervor, dass 25 % Phosphorcalcium in verschiedenen Fällen vorhanden sein konnten, ohne dass Selbstentzündung eintrat. Diese Erscheinung dürfte wohl einzig und allein ihren Grund in der abkühlenden Wirkung der grösseren Wassermengen haben.

Wirkung des Phosphorwasserstoffes. Bei der Verbrennung bildet der Phosphorwasserstoff Phosphorsäure. Diese ist die Ursache der Bildung des Dunstes, der sich in manchen mit Acetylen beleuchteten Räumen bemerkbar macht. Die viel verbreitete Ansicht, dass sich diese Wirkung des Phosphorwasserstoffes bei jedem Acetylen zeigt, dem eine Phosphorwasserstoff-Reinigung fehlt, ist ebensowenig zu bestätigen, als auch die Meinung, dass diese Räume schon nach einigen Brennstunden unbewohnbar und lebensgefährlich sind. Bei einer Acetylenanlage von 20 Flammen, die über zwei Jahre in Thätigkeit ist und auf die besondere Entfernung des Phosphorwasserstoffes gar keine Rücksicht genommen war, konnte ich nur einigemale den vielgenannten Dunst in geschlossenem Raum in sehr mässiger Weise konstatieren, niemals aber so stark, dass der Raum unbewohnbar geworden wäre. Da ich jedoch bei einer anderen Acetylenanlage thatsächlich einen weit dichteren Dunst beobachtete, so wurde ich zu der Ansicht veranlasst, dass derselbe neben der Phosphorsäure noch eine andere Ursache hat. Bei erstgenannter Anlage wurde erst zu einer durchgreifenden Reinigung geschritten, als das Russen der Brenner hierzu veranlasste und man auch explosiblen Verbindungen vorbeugen wollte. Allerdings muss ich hinzufügen, dass nur verhältnismässig sehr reines Carbid verwendet wurde.

Die Verstopfung der Brenner und das Russen der Flamme führt man gleichfalls zum Teil auf die Verbrennung des Phosphorwasserstoffes zurück. Zweifellos geschieht dies aber in nur geringem Maasse, wie dies auch bei der Verbrennung von schlecht gereinigtem Acetylen gebildete Schwefelsäure verursacht. In der Hauptsache hat das Russen und Verstopfen der Brenner seinen Grund in der Polymerisation und Zersetzung des Acetylens während der Verbrennung, wobei die Zersetzungsprodukte die engen Brenneröffnungen ganz oder teilweise verstopfen. Von grösserem Nachteil, als diese Wirkung des Phosphorwasserstoffes, ist seine Gesundheitsschädlichkeit und die von ihm vermehrte Explosibilität des Acetylens, da grössere Mengen Phosphorwasserstoff sowohl Vergiftungserscheinungen hervorzurufen geeignet sind, namentlich aber das Acetylen selbstentzündlich zu machen vermögen, und zwar sind für letztere Wirkung die Vorbedingungen bei hoher Temperatur im Entwickler eher gegeben, als bei normaler.

Analytische Feststellungen der Verunreinigungen im Acetylen. Ehe wir nun auf die technische Reinigung des in der Praxis verwendeten Acetylens eingehen, wollen wir die analytische Feststellung der Verunreinigungen im Acetylen in Betracht ziehen. Wie wir schon gesehen haben, ist von den Verunreinigungen am wichtigsten der Phosphorwasserstoff, für dessen Bestimmung im Acetylen Willgerodt[1]) die Oxydation mit Bromwasser zu Phosphorsäure vorgeschlagen hat. Da bei diesem Verfahren wegen der starken Wirkung des Broms auf das Acetylen selbst eine im Verhältnis zum Phosphorwasserstoff ungeheure Menge von Brom verbraucht wird, so ist es jedenfalls für technische Zwecke kaum verwendbar.

Lunge und Cedercreutz haben deshalb[2]) eine Methode ausgearbeitet, die für die analytische Feststellung des Phosphorwasserstoffes von grossem Wert ist und im folgenden wiedergegeben ist:

Für technische Zwecke scheint es bisher am üblichsten zu sein, das im Gasometer aufgefangene Acetylen zu verbrennen, das Verbrennungsprodukt durch eine Absorptionsflüssigkeit hindurchzusaugen und in dieser die Phosphorsäure zu bestimmen. Dieses Verfahren leidet aber nun an dem grossen Übelstande, dass der Phosphorwasserstoff nicht nur von reinem Wasser, sondern sogar auch von Kochsalzlösung etwas aufgenommen wird, was bei seiner geringen Menge ganz grosse Fehler ergeben kann. Nun könnte man ja daran denken, zur Bestimmung der Verunreinigungen eine besondere Portion Calciumcarbid zu verwenden und das durch Eintröpfeln von Wasser (Kochsalzlösung) entstehende Gas, ohne Einschaltung eines Gasometers, direkt zu verbrennen. Hierbei ist es aber unmöglich, eine ganz gleichmässige Flamme zu erzielen; hin und wieder wird doch ein Russen eintreten, und der sich in den Leitungsröhren u. s. w. absetzende Russ bildet trotz Auswaschens eine ganz erhebliche Fehlerquelle. Auf diesem Wege kommt man also auch nicht zum Ziele.

Zur praktischen Ausführung der Analyse benutzt man den Apparat Fig. 174, in dessen gut ausgetrockneten Halbliterkolben a man 50—70 *g* in erbsengrosse Stücke zerkleinertes Calciumcarbid einträgt. Fein zerteiltes Carbid (Staub) dürfte man schon darum nicht anwenden, weil solches nicht ohne Gasverlust zu erhalten ist, ausserdem darum nicht, weil solches eine zu stürmische Gasentwickelung verursacht. Die Wägung kann in dem vorher tarierten Kolben direkt geschehen, falls man eine dazu passende Wage besitzt, welche einen Ausschlag mit 50 oder mindestens 100 *mg* geben sollte. Im Halse des Kolbens ist ein Tropftrichter b angebracht, dessen

---

[1]) Berichte d. deutsch.-chem. Gesellschaft, XXVIII, 2107.
[2]) Zeitschrift f. angewandte Chemie 1897, 654.

untere Mündung zu einer Spitze verengt ist. Der Kolben kommuniziert mit einem der bekannten Zehnkugelapparate c. Zur grösseren Sicherheit kann man diesen allenfalls noch mit einem zweiten Zehnkugelrohre verbinden, doch kann man dies bei Einhaltung unserer Vorschriften unterlassen; wir haben wenigstens in dem zweiten Rohre nie Phosphorsäure gefunden. Der Apparat c wird mit 75 *ccm* einer 2—3 % Hypochloritlösung beschickt, was für alle praktisch vorkommenden Fälle ausreicht. Der Tropftrichter wird vollständig mit Wasser gefüllt und der Ausfluss des letzteren so geregelt, dass pro Minute 6—7 Tropfen austreten. Man kann dann den Apparat sich selbst überlassen, indem man nur immer wieder Wasser in b nachfüllt und von Zeit zu Zeit den Kolben a gelinde umschüttelt. Nach 3—4 Stunden ist die Gasentwickelung beendigt. Nun lässt man soviel Wasser in den Kolben laufen, dass er bis zum Halse damit gefüllt ist, saugt noch etwas Luft durch den Apparat, um das in der grossen Kugel von c stehende Gas durch die kleinen Kugeln hindurchzusaugen, entleert dann das Zehnkugelrohr c in ein Becherglas, spült nach und bestimmt die Phosphorsäure durch Magnesiamixtur.

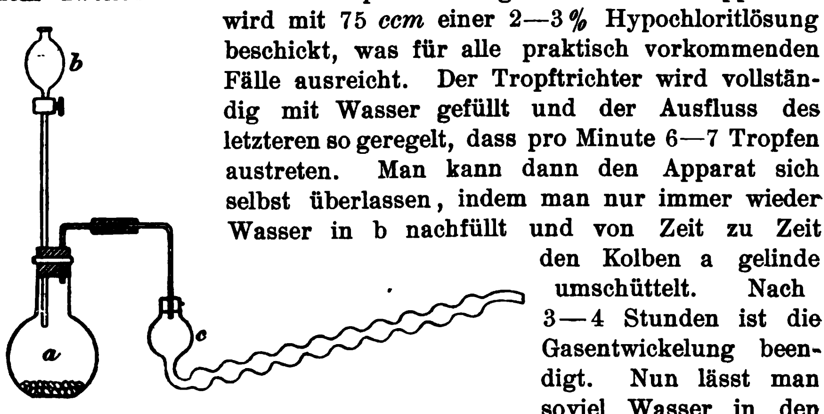


Fig. 174.

Um eine schnellere analytische Feststellung der Verunreinigungen im Acetylen zu erreichen, schlugen Hempel und Kahl eine Methode vor,[1]) die rein volumetrisch die Trennung des Acetylens vom Phosphorwasserstoff in wenigen Minuten gestattet. Aus diesem Grunde wurde eine Reihe von Lösungen untersucht, von denen sich hoffen liess, dass sie als Trennungsmittel von Phosphorwasserstoff und Acetylen verwendet werden könnten. Von allen untersuchten Lösungen stellte sich Kupfersulfatlösung als bestes Absorptionsmittel zur Trennung von Phosphorwasserstoff und Acetylen dar. Gemische von Acetylen und Phosphorwasserstoff ergaben nun beim Schütteln mit Quecksilber und 3 *ccm* einer vorher mit Acetylen gesättigten sauren Kupfersulfatlösung die nachfolgenden Werte (die vorhandenen Schwankungen haben zum Teil auch ihren Grund in der Schwierigkeit, das Reagens in stets gleicher Weise mit Acetylen gesättigt zu erhalten):

---

[1]) Zeitschrift f. angewandte Chemie 1898, 3.

Angewendete Menge des Acetylens	Angewendete Menge des 52,4%igen Phosphorwasserstoffs	Gefundene Volumverminderung	Menge des Phosphorwasserstoffs, welcher vorhanden war	Durch den Versuch gefundene Phosphorwasserstoffmenge unter der Annahme, dass dieselbe den 4. Teil der gefundenen Volumverminderung beträgt
92,8	5,6	11,2	2,9	2,8
90,2	7,4	13,4	3,9	3,4
94,6	2,4	4,6	1,2	1,15
92,2	5,2	10,6	2,7	2,65
94	3,2	8,3	1,67	2,0
82	5,4	11	2,82	2,75

Zum Zwecke der Bestimmung des Phosphorwasserstoffs im Acetylen misst man dasselbe zunächst in einer mit Quecksilber gefüllten Glasbürette, dann treibt man dasselbe in eine mit Quecksilber gefüllte Glaspipette, welche 3 *ccm* der wie oben beschrieben zubereiteten sauren Kupfersulfatlösung enthält, die durch Zuführung von einer genügenden Menge von Acetylen vorher für dieses Gas abgesättigt worden ist, schüttelt drei Minuten und misst hierauf den verbleibenden Gasrest. Der vierte Teil des so gefundenen Volumens entspricht dem Acetylen.

Auf einfache und leicht ausführbare Weise soll der Acetylenprüfer von Eckelt (Fig. 175) den Nachweis von Phosphorwasserstoff im Acetylen ermöglichen. Der Apparat besteht aus einem Glascylinder, dessen ein Ende rund zugeschmolzen ist, während das andere Ende durch einen Stopfen, der zwei Durchbohrungen besitzt, verschlossen ist. Durch diese beiden Öffnungen sind zwei Rohre geführt, welche das Gas unter dem Glascylinder zu- und ableiten. In der Mitte des Cylinders befindet sich eine dünne Stange, welche zugleich mit dem ganzen Apparat auf dem eisernen Fusse ruht, dessen oberes Ende gespalten und in Federform umgebogen ist. Vermittelst dieser Federn werden die zur Prüfung des Gases auf Phosphorwasserstoff dienenden Silbernitratpapierstreifen unter der Glasglocke befestigt, damit sie hier allseitig vom Gase umspült werden können. Will man die Prüfung vornehmen, so schaltet man den Apparat zusammen mit einem Gefäss, das eine den Schwefelwasserstoff des Gases absorbierende Substanz, Alkali- oder Erdalkalihydrat

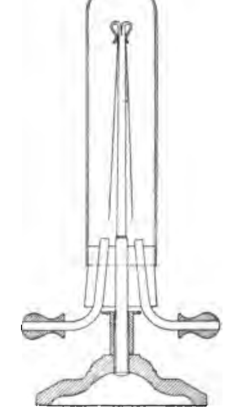


Fig. 175.

enthält, in die Gasleitung derartig ein, dass das zu prüfende Acetylen zuerst in das den Schwefelwasserstoff zurückhaltende Gefäss eintritt und von dort dann den Prüfungsapparat passiert. In dem Apparate sind vermittelst der vorbeschriebenen Federn trockene oder feuchte, mit Silbernitrat getränkte Papierstreifen aufgehängt, welche nun der Einwirkung des Gases ausgesetzt werden. Die geringsten Mengen von Phosphorwasserstoff färben unter Ausscheidung von Phosphorsilber, welches bei Überschuss von Silbernitrat in grauweisses metallisches Silber übergeht, das Papier schwarz, sodass schon die minimalsten Spuren dieses Gases somit leicht und bequem erkannt werden können. Den Apparat liefert die Firma Max Kaehler und Martini in Berlin, Wilhelmstrasse 50.

Das oben beschriebene Verfahren von Lunge und Cedercreutz zur Bestimmung von Phosphorwasserstoff kann nach der Angabe derselben gleichzeitig zur Bestimmung des Schwefels benutzt werden,[1]) am besten in der Art, dass man eine schwefelsäurefreie Magnesiamixtur anwendet und die Schwefelsäure im Filtrat von Ammonium-Magnesiumphosphat nach Ansäuerung mit Salzsäure durch Chlorbaryum ausfällt. Hierbei findet man allerdings in dem von einem und demselben Carbid abgegebenen Gase ziemlich grosse Abweichungen, und man könnte schon daraus schliessen, dass bei Verschiedenheiten in der Behandlung des Carbids, Temperatur, Wassermenge u. s. w. mehr oder weniger Schwefel in das Gas geht. Jedenfalls ist dieser im Gase nicht nur in Form von Schwefelwasserstoff, sondern auch in anderen Formen vorhanden, wie aus folgendem hervorgeht: Es wurden Versuche angestellt, ob die beschriebene Methode, bei der die Phosphorsäure gewichtsanalytisch bestimmt wird, durch eine maassanalytische ersetzt werden könnte, indem man eine bestimmte Menge Hypochloritlösung von bekanntem Titer verwendet, nach der Operation einen Überschuss von Natriumarsenit zusetzt und diesen Überschuss durch Rücktitrieren ermittelt. Zu diesem Zweck musste natürlich der Schwefelwasserstoff aus dem Gase vorher entfernt werden, was, wie der Versuch zeigte, durch Einschaltung eines mit 75 *cm* 10%iger Bleiacetatlösung beschickten Zehnkugelrohres vollständig gelingt. Trotzdem entstand, nach Behandlung der Hypochloritlösung mit schwefelsäurefreier Magnesiamixtur, im Filtrat nach Ansäuern mit Salzsäure immer noch eine Fällung mit Chlorbaryum, was auf die Gegenwart von Schwefelverbindungen hinweist, die nicht durch die Bleiacetatlösung zurückgehalten wurden. Da diese Lösung andererseits sehr merkliche Mengen von Phosphorwasserstoff zurückhielt, so musste von der

---

[1]) Zeitschrift f. angewandte Chemie 1897, 654.

Verfolgung dieses Verfahrens abgesehen merden. Will man aber jedenfalls eine Bestimmung des Schwefelwasserstoffs in dem entwickelten Gase vornehmen, so kann man ganz wie oben beschrieben verfahren, d. h. das Gas direkt durch Hypochloritlösung durchleiten, die natürlich frei von Sulfat sein muss. Alsdann kann man entweder die Phosphorsäure durch schwefelsäurefreie Magnesiamixtur ausfällen, das Filtrat ansäuern und mit Chlorbaryum behandeln, oder aber man teilt die Hypochloritlösung in zwei Teile und benutzt den einen zur Bestimmung der Phosphorsäure, den anderen zur Bestimmung der Schwefelsäure.

Wird der aus Bleihydrat und essigsaurem Natrium bestehende Niederschlag, der durch Zuführung von Natronlauge zu essigsaurem Blei gebildet wird, filtriert, gewaschen und in Natronlauge gelöst, so kann mittels eines mit dieser Lösung getränkten Papierstreifens Schwefelwasserstoff nachgewiesen werden. Das Papier färbt sich bei Vorhandensein desselben braun.

Ammoniak wird durch die Nessler'sche Lösung nachgewiesen. Es färbt rotes Lackmuspapier blau. Wird Acetylen durch Natronlauge geleitet, so wird bei Erwärmen derselben darüber gehaltenes rotes Lackmuspapier durch Ammoniak blau gefärbt. Auf einen in Acetylen gehaltenen mit Salzsäure angefeuchteten Glasstab wird bei Vorhandensein von Ammoniak auf dem Glasstab eine feine Schicht Salmiak gebildet.

Die Reinigung des Acetylens in der Praxis ist beim ersten Ansehen mit verhältnismässig einfachen Mitteln zu bewerkstelligen. In der ersten Zeit der Acetylenbeleuchtung benutzte man einen mit Schwefelsäure und Sägespänen gefüllten Kondenstopf, dem ein zweiter mit Salpetersäure und Kalk folgte. Vielfach fand man nur den ersteren Topf zwischen Generator und Gasometer, und selbst heute existieren noch zahllose Anlagen, selbst von solchen grösserer Firmen, die in der Acetylenindustrie als auf der Höhe stehend gelten wollen, die der Reinigungsvorrichtungen bis auf eine Schwefelsäurewaschung ganz entbehren oder die Reinigung mit Mitteln von oft lächerlicher Zusammensetzung bewirken wollen. Vielfach ist auch eine einfache Übertragung der in der Steinkohlengasbeleuchtung eingebürgerten Reinigung auf das Acetylen übertragen. Dies hat zur Folge, dass der Phosphorwasserstoff vollständig im Acetylen bleibt, da die Laming'sche, Mattoni'sche oder Lux-Masse nur Ammoniak und Schwefelwasserstoff entfernt, ohne die für die Anwendung des Acetylens schädlichste Verunreinigung, den Phosphorwasserstoff, anzugreifen. Da dies der schwierigste Punkt der Reinigung war, setzte man auch hier stets den Hebel ein und suchte hauptsächlich

nach Mitteln, um die Befreiung des Acetylens vom Phosphorwasserstoff herbeizuführen.

Mit der Zeit hat sich eine empirische Reinigungsmethode herausgebildet, die in folgendem besteht und ausgedehnt angewendet wird: Der Ammoniak wird durch Schwefelsäure entfernt, worauf der Phosphorwasserstoff durch Kupfersulfat, saure Kupferchloridlösung, konzentrierte Salpetersäure, Chlorkalk in fast trockener Form dem Gase entzogen wird. Der Schwefelwasserstoff wird sodann durch Kalk und pulverisierten Raseneisenstein entfernt. Bei kleineren Anlagen lässt man vielfach die letztere Reinigung weg. Wendet man zur Entfernung des Phosphorwasserstoffes Chlorkalk an, so muss das Ammoniak unbedingt vorher aus dem Gase entfernt werden, da das Ammoniak mit überschüssigem Chlor Chlorstickstoff bildet und dadurch Veranlassung zu kleinen Explosionen giebt.[1])

Neben diesem auf praktischen Erfahrungen beruhenden Reinigungsverfahren sind naturgemäss auch solche auf wissenschaftlicher Grundlage geschaffen worden. Der erste, der diesen Weg beschritt, war Pictet.[2]) Derselbe ging von der Überzeugung aus,[3]) dass die Verunreinigungen des Acetylens von verschiedenen Reagentien bei einer Temperatur aufgenommen werden, bei welcher das Acetylen überhaupt nicht oder nur in geringem Grade angegriffen wird. Die Ausführung der Reinigung des Acetylens geschieht dementsprechend unter Abkühlung auf bestimmte niedere Temperaturen. Die Reinigungsmittel des Acetylens sind Schwefelsäure, vorteilhaft von einem Gehalte von 40%, sowie nicht flüchtige Säuren, wie Phosphorsäure einerseits und Lösungen andererseits. Für die Verwendung der Schwefelsäure oder ihr äquivalenter Säuren, wie der Phosphorsäure, hat sich eine Temperatur zwischen —10 und —60° C. als geeignet erwiesen. Für die Lösungen von Chloralkalien, Chlorcalcium, Chlormagnesium ist die Temperatur von —10 bis —40° C. notwendig.

Das Chlorcalcium hält einen grossen Teil der Beimengungen des Acetylens zurück, indem sich Verbindungen derselben mit Chlorcalcium bilden, welche als mehr oder weniger gefärbte Niederschläge abgeschieden werden. Eine Einwirkung des Acetylens auf die Chlorcalciumlösung findet bei der angegebenen niedrigen Temperatur nicht statt. Eine weitere Wirkung des Waschens des Acetylens mit Chlorcalcium bei der angegebenen niedrigen Temperatur besteht in der Zurückhaltung der Wasserdämpfe.

Während Acetylen bei gewöhnlicher Temperatur mit Schwefelsäure unter Bildung einer Sulfosäure reagiert, findet diese Reaktion

[1]) Wolff, Chem. Zeitung 1898, 28, 281.
[2]) L'Acétylène, son passé, son présent, son avenir, Genf 1896, S. 67.
[3]) D. R.-P., Nr. 97110.

bei der angegebenen niedrigen Temperatur nicht statt. Die Verunreinigungen des Acetylens reagieren jedoch selbst bei einer Temperatur von -10^0 noch mit der Schwefelsäure und werden infolgedessen von derselben chemisch gebunden, ohne dass das Acetylen angegriffen wird. Die Verunreinigungen des Acetylens können durch Schwefelsäure physikalisch und chemisch gebunden werden, weil die Reaktionen zwischen den Verunreinigungen und der Schwefelsäure erst bei einer wesentlich tieferen Temperatur zum Stillstande kommen, wie diejenigen zwischen Acetylen und Schwefelsäure.

Wenngleich durch jedes der vorstehend angegebenen Mittel für sich eine Reinigung des Acetylens erzielt werden kann, so gelingt dieselbe in vollständiger Weise nur durch eine Kombination der oben angegebenen Mittel. Diese Kombination besteht in folgendem:

1. Man leitet das Acetylen in eine konzentrierte Lösung von Chlorcalcium, die auf die oben angegebene Temperatur zwischen -10 und -40^0 C. abgekühlt ist.

2. Hierauf lässt man das Gas durch Schwefelsäure von ungefähr 40% gehen, die auf eine passende Temperatur, wie oben angegeben, abgekühlt ist.

Die Wirkung der Schwefelsäure besteht in einer Fortführung der durch die Behandlung mit Chlorcalciumlösung begonnenen Reinigung. Auch bei dieser Kombination können die für die einzelnen Teile oben angegebenen äquivalenten Mittel benutzt werden. Das Verfahren wird durch den Umstand in seiner Anwendung sehr erschwert, dass es im Betriebe eine Temperatur von -10^0 erfordert.

Das vorgeschlagene Verfahren von Willgerodt[1]) ist als zu teuer in der Praxis nicht anwendbar. Willgerodt empfahl wie schon erwähnt, die Reinigung des Acetylens mittels Bromwasser, um den Phosphorwasserstoff auf diese Weise zu oxydieren. Bergé und Reychler[2]) schlugen eine saure Quecksilberchloridlösung vor. Es entsteht dabei ein weisser Niederschlag, welcher kein Acetylen enthält, und es kann aus demselben das Quecksilberchlorid ($Hg\,Cl_2$) durch Erhitzen mit HNO_2 und Fällen mit Salzsäure (HCl) regeneriert werden. Zur Zurückhaltung von sauren Dämpfen wird das Gas dann schliesslich über Kalk geleitet. Die Verfahren sind nicht allein zur Reinigung, sondern auch zur quantitativen Analyse des rohen Acetylens verwendbar. Erst wird genau die Ausbeute an Gas ermittelt, dann das aus einer bekannten Menge Carbid erhaltene Gas durch drei Waschflaschen geleitet, von denen die erste Ätznatron ($Na\,OH$), die beiden anderen eine saure Lösung von Quecksilberchlorid enthalten.

---

[1]) Berichte d. deutsch.-chem. Gesellschaft, XXVIII, 2107.

[2]) Bull. de la soc. chim., XVII, 218.

In der alkalischen Lauge wird der Schwefel durch Fällen als Baryumsulfat bestimmt. Der in der Quecksilberlösung entstehende Niederschlag wird in Ätznatron gelöst und in der Lösung die Phosphorsäure mittels Magnesiamischung bestimmt.

Nach Untersuchungen Biginellis[1]) ist dieses Verfahren nicht anwendbar, weil sich Verbindungen, insbesondere des Quecksilberchlorids mit dem Gase bilden, die bei der Auflösung in Alkalien explosibles Acetylenquecksilberoxyd ergeben.

Lunge und Cedercreutz empfehlen zur Phosphorwasserstoffvernichtung ihr bereits erwähntes analytisches Verfahren unter passenden Modifikationen auch für praktische Zwecke. Man wird das Natriumhypochlorit der Billigkeit halber durch Chlorkalk ersetzen. Auf alle Fälle muss aber bei diesem Verfahren der Phosphorwasserstoffentfernung aus dem Gase, diesem aus früher angegebenen Gründen vorher das Ammoniak entzogen werden. Den Chlorkalk könnte man als Lösung oder dünnen Brei in der Art anwenden, dass das Acetylen durch die Flüssigkeit hindurchstreicht oder sonstwie in ausgiebige Berührung damit gebracht wird. Bedeutend bequemer ist aber die Verwendung des Chlorkalks in fester Form bei Gegenwart von genügend Feuchtigkeit, um eine gute Wirkung auszuüben. Am besten scheint es, den Chlorkalk mit ganz wenig Wasser zu Klumpen zu formen, welche das Gas gut hindurchgehen lassen, während pulveriger Chlorkalk dem Gase zuviel Widerstand entgegensetzt und dabei auch immer Staub an dasselbe abgeben wird. Besser bringt man jedenfalls hinter dem Gefäss mit Chlorkalk ein solches an, das mit Kalk beschickt ist und das die mit fortgerissenen festen oder gasförmigen Chlorverbindungen zurückhält.

Andererseits darf der Chlorkalk nicht so viel Feuchtigkeit enthalten, dass er schmierig wird und das Gas nicht mehr hindurchgehen lässt. Ein zu feuchtes Acetylen kann man zu diesem Zweck durch Abkühlung und Ableitung des kondensierten Wassers meist hinreichend trocknen. Gründlicher wirkt natürlich eine Behandlung des feuchten Acetylens mit chemischen Trocknungsmitteln, für technische Zwecke wohl am besten mit Schwefelsäure von solcher Konzentration, dass sie auf Acetylen selbst nicht einwirkt, aber noch wasseranziehend wirkt. Eine Säure von spezifischem Gewicht 1,6 bis 1,7 entspricht dieser Bedingung. Zugleich entzieht solche (oder verdünntere) Schwefelsäure dem Gase auch das Ammoniak, wozu man natürlich auch andere Säuren benutzen könnte.

Durch Anwendung mehrerer abwechselnd geschalteter Gefässe kann man in bekannter Weise die Reagentien, also den Chlorkalk

---

[1]) Annal. di farinaco terap. e chim. 1898, 16.

und die Schwefelsäure, vollständig ausnutzen und den ersteren in ein Gemenge von schwefelsaurem und phosphorsaurem Kalk umwandeln, dessen weitere Verwendung allerdings bei seiner geringen Menge zur Zeit kaum lohnend erscheint.

Frank hat ein Verfahren ausgearbeitet,[1]) um diejenigen Verunreinigungen des Acetylens, welche den üblen Geruch desselben und die explosiblen Kupferverbindungen veranlassen, auf einmal zu entfernen. Das so gereinigte Acetylen hat weder den typischen Geruch des Carbidacetylens, noch ist es imstande, in Berührung mit Kupfer explosible Verbindungen zu bilden. Das Acetylenkupfer entsteht nämlich nicht durch direkte Einwirkung chemisch reinen Acetylens auf metallisches Kupfer; das Kupfer muss vielmehr erst auf einem anderen Wege angegriffen werden, so dass das Acetylen bereits Kupferverbindungen vorfindet, mit denen es sich zu Acetylenkupfer umsetzen kann. Der Phosphorwasserstoff greift das Kupfer unter Bildung von Phosphorkupfer an, aus welchem dann durch Einwirkung von Acetylen Acetylenkupfer entsteht. Das Frank'sche Verfahren beruht auf der Erkenntnis, dass die das Acetylen begleitenden Verunreinigungen durch saure Metallsalzlösungen, insbesondere Schwermetallsalzlösungen, zurückgehalten werden. Besonders geeignet sind die Metalle der Kupfer- und Eisengruppe, welche mehrere Oxydstufen bilden. Zur Reinigung wird das Acetylen durch eine Reihe von Gefässen geleitet, welche z. B. eine salzsaure Lösung von Kupferchlorid enthalten. Das aus den Reaktionsgefässen entweichende Acetylen braucht nur noch mit Wasser gewaschen zu werden, um sich in einem fast chemisch reinen Zustand darzustellen. Das so gewonnene Acetylen hat einen schwach aromatischen Geruch, dem Spuren von Aldehydgeruch beigemischt sind, wobei dahingestellt bleiben muss, ob minimale Anteile des Acetylens oder ein Teil der begleitenden Verunreinigungen in Aldehyd übergegangen sind.

Versuche haben gezeigt, dass dieses so gereinigte Acetylen in Berührung mit metallischem Kupfer keine Acetylenkupferverbindung bildet. Hat man salzsaures Kupferchlorid als Reinigungslauge angewendet, so ist dieselbe nach dem Durchgang bis zu einem gewissen Grade vom Acetylen entfärbt (reduziert) worden und kann durch einfaches Durchblasen von Luft regeneriert werden. Das Gleiche gilt für die Salze von Quecksilber, Eisen und anderen Metallen mit mehreren Oxydstufen. Das Verfahren bietet also den grossen Vorteil ausserordentlicher Billigkeit, indem stets dieselben Laugen zur Verwendung kommen können, ohne einen die unvermeidlichen Betriebs-

---

[1]) D. R.-P., Nr. 99490.

verluste übersteigenden Mehraufwand an Reagentien zu erfordern. Ein Nachteil des Verfahrens scheint in dem Umstande zu liegen, dass die Lauge Eisen und Metall stark angreift.

Eine Übertragung der von Lunge und Cedercreutz ausgearbeiteten Methode in die Praxis und eine weitere Ausgestaltung dieses Verfahrens stellt die Reinigungsmethode von Wolff dar.[1] Das aus dem Apparat tretende Acetylen wird zunächst durch einen Wäscher geleitet, in dem Ammoniak und Schwefelwasserstoff zum grössten Teil gelöst werden, und gelangt dann in den eigentlichen Reiniger. Derselbe ist nicht mit reinem Chlorkalk, sondern mit einer Mischung dieser Substanz gefüllt. Dies hat sich in der Praxis aus verschiedenen Gründen als notwendig herausgestellt. Reines Chlor wirkt im direkten Sonnenlichte auf Acetylen unter Explosionserscheinungen ein. Hat man nun einen sehr starken Chlorkalk, der viel überschüssiges Chlor enthält, und öffnet man gerade im Anfang nach einer frischen Füllung den Reiniger, so dass das direkte Sonnenlicht eindringt, so kann unter Umständen eine Entzündung des Reinigungsinhaltes stattfinden. Ist diese Möglichkeit auch sehr gering, und zwar ebenso gering, wie die Bildung von Acetylenkupfer bei dem Frank'schen Verfahren, so ist sie dennoch vorhanden. Um ihr zu begegnen, setzt Wolff dem Chlorkalk chromsaure Salze hinzu, die durch freies Chlor unter Bildung von energisch oxydierend wirkender Chromsäure zersetzt werden. Die oxydierende Wirkung der Chromsäure ist sogar zu gross, da dadurch das Acetylen selbst zu Kohlenoxyd oxydiert wird. Bei richtigen Mischungsverhältnissen wird die oxydierende Wirkung aber eine so reduzierende und geregelte, dass nur der Phosphorwasserstoff, nicht aber das Acetylen angegriffen wird, wodurch jeder Bildung von freiem Chlor und die Möglichkeit einer Entzündung vorgebeugt ist. Nach Wolffs Angaben ist die Dauer der Wirkung seines Verfahrens gegenüber dem Frank'schen die doppelte. Die Konstruktion der Reiniger, auf die Wolff grosses Gewicht legt, sind aus der Beilage zu ersehen und sind später erklärt.

Im Durchschnitt genügt 1 *kg* dieser Reinigungsmasse für 10 *cbm* Acetylen. Eine Anlage von 20 Flammen à 20 Stundenliter bedarf einen Reiniger von 5 *kg* Füllung. Dieser genügt für 50 *cbm*, d. h. da pro Stunde 400 *l* entwickelt werden, für 125 Brennstunden, und wenn im Durchschnitt der Tag zu zwei Brennstunden angenommen wird, für zwei Monate.

Ullmann wendet bei seinem Verfahren Chromsäure in essigsaurer oder schwefelsaurer Lösung als Reinigungsflüssigkeit an,

---

[1]) D. R.-P., Nr. 98762.

wodurch nicht nur Ammoniak, sondern auch der Phosphorwasserstoff und alle organischen Schwefel- und Phosphorverbindungen entfernt werden. Näheres ist über das Verfahren bisher nicht bekannt geworden.

Auf die Verfahren, die darauf beruhen, die Reinigungsstoffe dem Entwickelungs- oder Sperrwasser zuzufügen, brauchen wir wegen deren Aussichtslosigkeit nicht einzugehen, jedoch wollen wir noch einige Methoden anführen, die darauf hinzielen, die Reinigung vor der Zersetzung des Carbids in diesem selbst vorzunehmen. Ullmann[1]) sucht diesen Zweck, auf möglichst einfache Weise reines Acetylen direkt aus dem Calciumcarbid zu gewinnen, d. h. dem Handel ein Calciumcarbidpräparat zur Verfügung zu stellen, welches direkt reines Acetylen liefert, in der Weise zu erreichen, dass er das Calciumcarbid selbst mit Oxydationsmitteln vermengt. Das Oxydationsmittel zerstört oder hält hierbei die neben dem Acetylen sich bildenden gasförmigen Verunreinigungen, wie Schwefelwasserstoff, Arsenwasserstoff, organische Schwefelverbindungen, vollständig zurück, während der Phosphorwasserstoff zum allergrössten Teil ebenfalls entfernt wird. Das entwickelte Acetylen soll fast chemisch rein sein und seinen üblen Geruch, sowie die giftigen Eigenschaften verloren haben.

Als zur Hervorbringung des angestrebten Effektes geeignete Oxydationsmittel sind zu nennen: Permanganate, Manganate, künstliches oder natürliches Mangandioxyd, Braunstein, Mangansuperoxyd, Manganoxyduloxyd, kurz alle verschiedenen Manganoxyde, die verschiedenen Bleioxyde, Eisensalze, speziell Ferrichlorid und Ferrioxyd, Ferricyanide und Persulfate. Die Menge des Oxydationsmittels, welche dem Calciumcarbid zugesetzt wird, ist derart zu regeln, dass das entwickelte Acetylen Bleiacetatlösung selbst bei langer Einwirkung nicht färbt. Beispiel: 100 *kg* Calciumcarbid werden in einer Kugelmühle innig mit 10 *kg* Braunstein vermengt. Das erhaltene Pulver wird entweder direkt verbraucht oder in Formen gepresst.

Die von dem Calciumpräparat herrührenden Rückstände sollen ihren höchst unangenehmen, belästigenden Geruch, der ihrer Beseitigung bisher so hinderlich war, verlieren und daher mit Leichtigkeit unschädlich gemacht werden können.

Lange vor Ullmann zeigte Lewes als erster diesen Weg und nahm bereits am 30. März 1896 ein englisches Patent zur Herstellung gemischter Carbide, die bei der Zersetzung mit Wasser in Acetylen und andere Kohlenwasserstoffe zerfallen. So erhält er z. B. aus Braunstein, Kalk und Kohle nach dem Zusammenschmelzen im

[1]) »Das Acetylen«, Beilage zu »Kraft und Licht« 1898, 11.

elektrischen Ofen einen Körper, der aus Calciumcarbid und Mangancarbid besteht und mit Wasser Acetylen, Methan und Wasserstoff bildet. — Jones[1]) schlägt vor, der gewöhnlichen Beschickung des Carbidofens 5—10% je nach Bedarf Manganoxydul oder Mangansuperoxyd beizufügen, um ein Gemisch von Mangancarbid und Calciumcarbid zu erhalten. Man erhält sodann mit Wasser aus dem Mangancarbid Methan und ein gleiches Quantum Wasserstoff, der sich mit dem Kohlenstoff, der sich im Augenblick der Verbrennung des Acetylens absetzen würde, einen brennbaren Kohlenwasserstoff bildet. Auch Hewes setzt dem Kalk - Kohle - Gemisch Mangansuperoxyd als Flussmittel zu,[2]) wodurch Phosphor und Schwefel in eine Schlacke übergeführt werden, die nach beendigter Schmelze von dem Carbidblock abgeklopft wird.

Das Mangansuperoxyd (MnO_2), der gewöhnliche Braunstein, scheint bei allen diesen Verfahren die Hauptrolle zu spielen. Vorderhand sind jedoch alle diese Verfahren (auch das von Bouvier, D. R.-P., Nr. 95191) kommerziell undurchführbar, wenn auch nicht geleugnet werden soll, dass dieselben der Acetylenbeleuchtung von bedeutendem Nutzen sein würden, wenn ihre Kosten nicht hindernd im Wege ständen und der Lichteffekt des erhaltenen Produkts nicht ein geringerer wäre, als der aus unserem heutigen Acetylen.

Konstruktion und Anordnung der Reinigungsvorrichtungen. Die Konstruktion der Reinigungsvorrichtungen ist vielfach noch sehr primitiv. Ein eisernes Gefäss mit einem Ablasshahn am Boden oder am unteren Teile der Wand, zwei oder drei staffelförmig übereinander gestellte Siebe — das ist alles, was man in hunderten Anlagen finden kann. Auf den Sieben liegen bei trockener Reinigung die hierfür gut befundenen Mittel und oft ist dieses Universal-Reinigungsgefäss zugleich Wäscher und Trockner. Unten Wasser, darüber eine oder zwei Reinigungsmassen, und darüber Kalk, Carbid, Sägespäne u. s. w. zum Trocknen.

Soll eine Reinigungsvorrichtung vollständig ihren Zweck erfüllen, so darf man dies nicht nur von der Wirkung der Reinigungsmittel verlangen, sondern auch die Art, wie man die Substanzen in Verbindung mit dem Acetylen bringt, ist auf diese Wirkung sowohl hinsichtlich des Effektes, als auch der Kosten wesentlich. Bei Anwendung von Chlorkalk zur Phosphorwasserstoffentfernung darf dieser z. B. nicht vor Entfernung des Ammoniaks angeordnet werden, da das Ammoniak mit überschüssigem Chlor den explosiblen Chlorstickstoff bildet. Ferner muss auf die Eigenschaften des Materials

---

[1]) Journ. of Gaslighting 1898, 10.

[2]) U. S. A. P., Nr. 596999.

Rücksicht genommen werden, aus dem die Reiniger hergestellt werden. So sind für saure Kupfersalzlösungen, Metall- oder Eisengefässe nicht anwendbar, da diese zu stark angegriffen werden. Man wird für solche Reinigungsmittel säurefest emaillierten Gefässen oder Steinzeug den Vorzug geben. Ein weiterer Punkt ist die Art der Bedienung der Reinigungsvorrichtung; dieselbe muss so einfach als möglich sein und keine grossen Ansprüche an das Personal stellen. Da der Preis namentlich auch für kleine Anlagen sehr ins Gewicht fällt, so muss hierauf bei der Konstruktion der Reinigungsvorrichtungen gebührend Rücksicht genommen werden. Bei kleinen An-

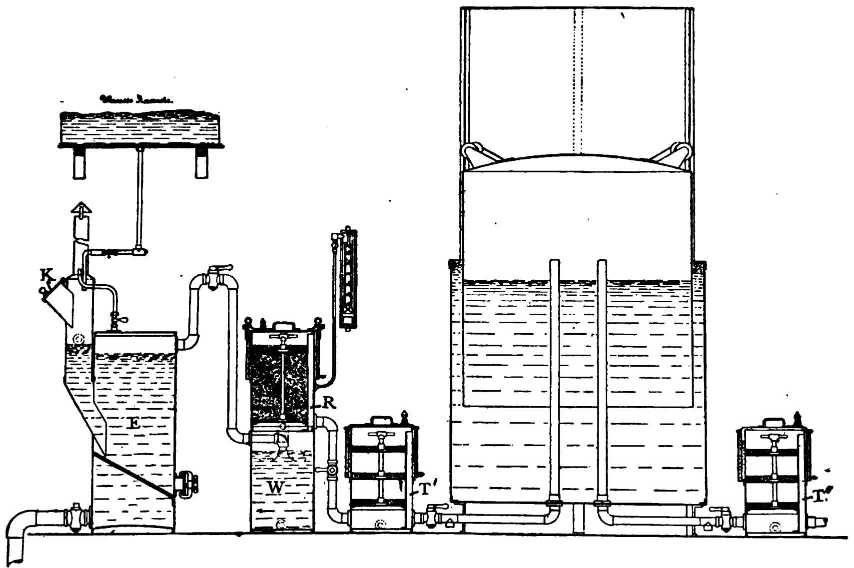


Fig. 176.

lagen wird man deshalb möglichst einfache Vorrichtungen für die Reinigung treffen müssen.

Eine Reinigungsvorrichtung für eine kleine Anlage der »Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft« in Berlin zeigt Fig. 176. Das Carbid wird durch die seitliche Klappe K eingeworfen und fällt in dem Einfüllungsrohr auf einen schrägen Rost in dem Entwickler E. Das entwickelte Acetylen gelangt nun durch das Auslassrohr zunächst in den Wäscher W, welcher mit einer Lösung von Chlorcalcium oder Chlormagnesium gefüllt wird. In demselben wird alles Ammoniak und der Schwefelwasserstoff zum grössten Teil entfernt. Darauf geht das Gas durch die Leitung in den Reiniger R. Um möglichst wenig Raum einzunehmen, sind beide Apparate in einem Gefäss

kombiniert, dessen Konstruktion ohne weiteres aus der Abbildung verständlich wird, und welche gesetzlich geschützt ist. In dem Reiniger wird der Phosphorwasserstoff und etwaige Reste von Schwefelwasserstoff vollkommen entfernt. Hierauf geht das Gas in den Trockner T′, in welchem es von der Feuchtigkeit und etwa mitgerissenen Chlordämpfen befreit wird, gelangt dann in die Gasometerglocke und wird zum Schluss noch einmal in dem Trockner T″ vollkommen getrocknet.

Die einzelnen Apparate, Entwickler, Reiniger und Trockner sind alle nur mit Wasserverschluss versehen, so dass in keinem Teil der Anlage eine höhere Spannung entstehen kann. Die Reinigung erfolgt in den Anlagen der »Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft» nach einem kombinierten System von Prof. Raoul Pictet, D. R.-P. Nr. 97110, und Dr. P. Wolff, D. R.-P. a. Es besteht in einer getrennten Entfernung der einzelnen Verunreinigungen, welche durch verschiedene Operationen bewirkt wird.

Eine komplette Reinigungsvorrichtung nach dem System derselben Gesellschaft ist in der beigefügten Beilage veranschaulicht. Dieselbe zeigt schematisch den vollständigen Prozess der Gasbereitung in übersichtlicher Weise für grössere Privat-, Central- und Stadtanlagen.

Die Brenner für Acetylen.

Acetylen verbraucht zum russfreien Verbrennen wegen seines sehr hohen Kohlenstoffgehaltes viel mehr Verbrennungsluft als Kohlengas oder die schweren Ölgase. Damit sich die Flamme selbst durch Ansaugungen die nötige Verbrennungsluft beschaffen kann, muss demnach auch Acetylen unter einem viel höheren Druck verbrannt werden, als die anderen Gase, und es müssen dementsprechend auch die Gasausströmungsöffnungen bei den Acetylenbrennern viel enger sein, als bei anderen Gasbrennern. Der Gasdruck für Acetylen muss drei bis fünf Mal so hoch wie bei gewöhnlichen Steinkohlengas gewählt werden, während die Gasöffnungen der Brenner von fast kapillarer Feinheit sein müssen. Während für Steinkohlengas 1″ engl. = 25 *mm* Wassersäule genügt, ist für Acetylen ein Druck von 60—125 *mm* Wassersäule erforderlich. Infolge dieses höheren Gasdruckes bekommt die Acetylenflamme eine viel grössere Steifheit als dies bei anderen Gasflammen der Fall ist. Dies ist auch der Grund, warum das Acetylenlicht so angenehm ruhig brennt und fast aussieht wie ein intensiv glühender fester Körper. Charakteristisch für die Acetylenflamme ist, dass dieselbe im allgemeinen viel kleiner ist, als andere Gasflammen, wobei in der Acetylenflamme der nichtleuchtende tote Kern gegenüber der leuchtenden Zone verschwindend klein ist.

Im folgenden (Fig. 177—181) bringen wir die Abbildung der bisher gebräuchlichsten Brenner für Kohlen- und Ölgas, und wir

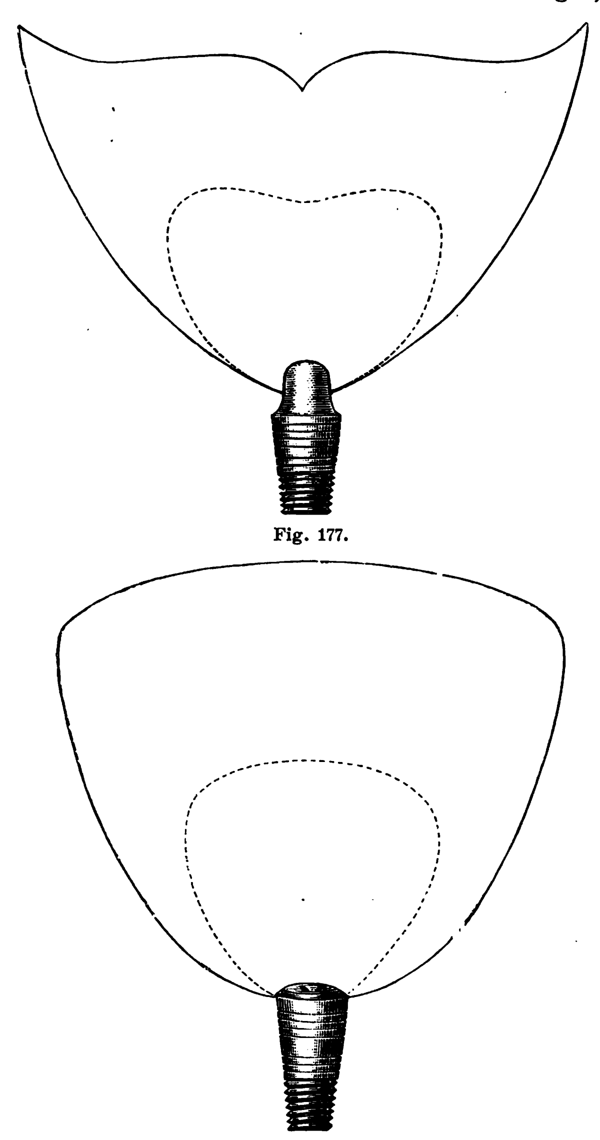


Fig. 177.

Fig. 179 a.

werden später die jetzt allgemein gebräuchlichen Acetylenbrenner aufführen.

Als bestes Fabrikationsmaterial für Acetylenbrenner hat sich, wie früher für die anderen Brennerarten, auch für Acetylenbrenner Speckstein erwiesen. Zuerst verwandte man für Acetylen die kleinsten Ölgasbrenner. Hierbei ergab sich, dass die feinsten Schnittbrenner in den meisten Fällen noch zu gross waren, während man die gewöhnlichen Zweilochbrenner, die sogenannten Manchesterbrenner (Fig. 180 und 181) lange Zeit gerne benutzte, und diese finden auch gegenwärtig noch vielfache Anwendung, zumal solche Brenner heute mit äusserst feinen Bohrungen bis zu 0,2 *mm* Lochweite hergestellt werden können.

Doch erwiesen sich auf die Dauer auch diese Brenner als unzulänglich, weil sich an den Brenneröffnungen bald koksähnliche Substanzen ablagerten, die ein Russen der Flamme verursachten und die Gasausströmungsöffnungen ganz oder teilweise verstopften. Diese Störungen resultierten einesteils aus der Eigentümlichkeit des Gases, sich infolge der Hitze des Brenners bereits bevor es zur Verbrennung gelangte, zu zersetzen (zu polymerisieren), anderenteils

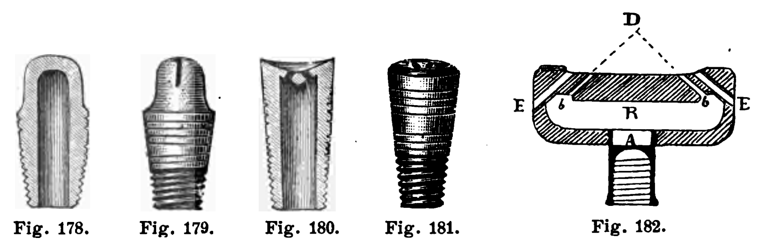


Fig. 178. Fig. 179. Fig. 180. Fig. 181. Fig. 182.

aus den im Acetylen enthaltenen Unreinheiten, die sich in fester, harziger oder flüssiger Form an- und in den Brennern absetzten. Man versuchte deshalb zunächst, die Brenner kühler zu halten. Dies erreichte man durch eine Brennerform, die wohl zuerst unter dem Namen Lebeau-Brenner allgemein bekannt wurde. Diese Brennerkonstruktion entstand dadurch, dass man wie bei den Manchesterbrennern zwei schräg gegeneinander gerichtete Gasstrahlen aufeinander stossen liess, jedoch wurden die Bohrungen ungefähr 15 *mm* auseinander gerückt, sodass sich die Gasstrahlen erst in einer gewissen Höhe über dem Brenner trafen und sich zu einer schönen, dünnen, runden Flamme vereinigten.

Der Brenner ist in Fig. 182 im Schnitt gezeichnet. Die Gasaustrittslöcher b sind in einen Block von feuerfester, besonderer Zusammensetzung in einem Winkel von 90° gebohrt. Das Gas tritt durch die Düse A zunächst in die Kammer R zur Vorwärmung und mischt sich beim Austritt mit der aus den Kanälen E strömenden angewärmten Luft, um sich bei D zur Flamme zu vereinigen. Man

erhält mit dem Brenner eine Flamme von absoluter und regelmässiger Beständigkeit, frei von jeder Veränderung.

Diese Konstruktion zeigte bald ihre Überlegenheit über die bis zu dieser Zeit verwandten Brennerarten und fand vielfache Verbreitung. Trotzdem kamen noch sehr häufig Verstopfungen der sehr feinen Gasausströmungsöffnungen vor. Diesen Übelstand suchte man durch die Konstruktion des Fesourt-Brenners zu beseitigen. Derselbe (Fig. 183) erhielt in die beiden diagonal sich gegenüber stehenden Ausströmungsröhrchen je eine Nadel, die mittels Gewinde in die Öffnungen der beiden Röhrchen gestochen werden können, um hierdurch die Öffnungen von Zeit zu Zeit von Verstopfungen zu reinigen. Der Brenner ergiebt eine Flamme, die derjenigen des Schmetterlingsbrenners fast gleich ist, trotz der vollkommen abweichenden Form des Brenners. Die voneinander ganz unabhängigen Nadeln, durch die das Gas ausströmt, gestatten eine genaue Regulierung durch die an jeder Nadel angebrachte Schraube. Die Flamme ist eine gleichmässige und ruhige, ungefähr charakterisiert wie die des Lebeau-Brenners.

In rascher Folge tauchten nun eine Anzahl

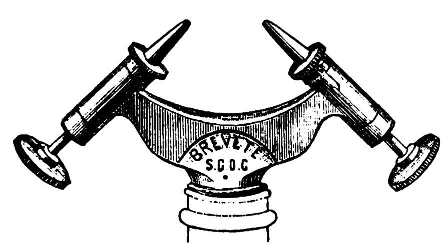
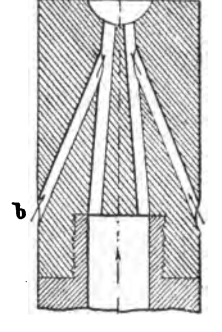


Fig. 183.



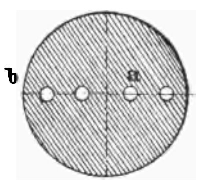
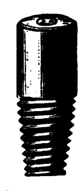


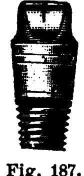
Fig. 184 und 185.

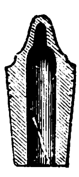
neuer Brennerkonstruktionen auf, die von den Erfahrungen, namentlich mit dem Lebeau-Brenner ausgingen. Wir sehen immer die erneute Wiederkehr dieses Prinzips, das sich in zahllosen Variationen in der Brennerfabrikation wiederholt. In Fig. 184 und 185 ist das Prinzip auf einen Manchesterbrenner angewendet. Der Eintritt des Gases erfolgt hier durch die Kanäle a, in welche die Kanäle b konvergierend einmünden und durch welche die äussere Luft von dem Gasstrome mitgerissen wird. Dies geschieht in solcher Menge, dass eine vollkommene Verbrennung des ausströmenden Gases erfolgt, wodurch jede Russbildung vermieden werden soll.

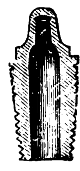
Da die beim Verbrennen des Acetylens in allen diesen Brennern auftretenden Übelstände jedoch noch zu wesentlich waren, so kam

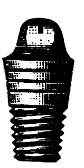
man auf den Gedanken, den Speckstein durch Metall zu ersetzen, und die Verwirklichung dieses Gedankens vollzog sich in der Herstellung von Brennern die aus einer Blei-Zink-Legierung bestanden und mit einer einzigen Ausströmungsöffnung versehen waren. Diese Einlochbrenner besassen einen ganz flachen Kopf von 5—6 *mm* Durchmesser und fanden fast ausschliesslich für die ersten in Paris aufgetauchten Fahrradlaternen mit Schlauchleitung Verwendung. Russabscheidungen zeigten diese Brenner nur in ganz geringem Maasse, dafür zeigte sich Kondensation saurer Flüssigkeiten an dem Brennloche. Diese vorzugsweise aus Phosphorsäure bestehenden Flüssigkeiten griffen das Brennermaterial an und verstopften durch ihre Erstarrung nach dem Erkalten der Brenner die Öffnungen mitunter vollständig. Man gab deshalb diese Konstruktion der Metallbrenner auf, ohne Metall als Brennermaterial endgiltig zu verwerfen, und behielt inzwischen die gewöhnlichen Zweilochbrenner bei, bei denen eine Metallhülse, an die zugleich das Gewinde geschnitten ist, die aus Speckstein bestehende Brennerscheibe


Fig. 186.


Fig. 187.


Fig. 188.


Fig. 189.


Fig. 190.

trägt (Fig. 186). Neben diesen behaupteten sich verschiedentlich die mit besonders feinen Öffnungen versehenen Schnittbrenner (Fig. 187—190).

Man hatte jetzt bereits soviel Erfahrungen gesammelt, dass man von dem Lebeau-Brenner ausgehend eine Vorwärmung des Gases weiter verfolgte und die Kombination von Metall und Speckstein nach Art der Zweilochtype beibehielt. Die ersten in dieser Ausführung in den Handel gekommenen Brenner, waren die Lewes-Brenner, denen in ähnlicher Ausführung bald die Hempel-Brenner folgten (Fig. 191—197). In Fig. 191 ist der Brenner in Totalansicht gezeichnet, in Fig. 192 im Schnitt. A, B ist der Metallkörper, der mit einem Specksteineinsatz a versehen ist. Letzterer erhält zwei Bohrungen b von 140° bezw. 170°, die sich an einer gemeinsamen Gasaustrittsöffnung im Mittelpunkte des Specksteineinsatzes treffen. Das Acetylen gelangt aus der Leitung in die Kammer c und tritt durch die Öffnungen b nach aussen. Fig. 195—197 zeigen Abänderungen desselben Brenners.

Man war sich immer klarer darüber geworden, dass die Acetylenflamme so gebildet werden muss, dass sie mit einer möglichst grossen Fläche mit der Luft in Berührung kommt, um eine vollständige und intensive Verbrennung des Leuchtstoffes hierdurch möglichst zu erreichen. Da jedoch die Eigenschaften des Acetylens der Ausströmungs-

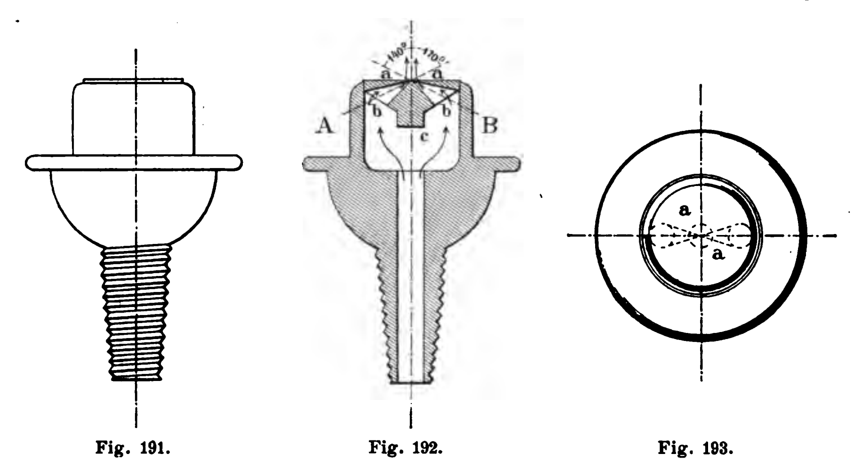


Fig. 191. Fig. 192. Fig. 193.

menge desselben an den Brennermündungen Grenzen setzten, so musste man noch Mittel und Wegen suchen, um auf andere Weise die der Luft direkt ausgesetzten Leuchtflächen zu vergrössern. Dies sollte im ersten Schülke-Brenner in folgender Art erreicht werden:

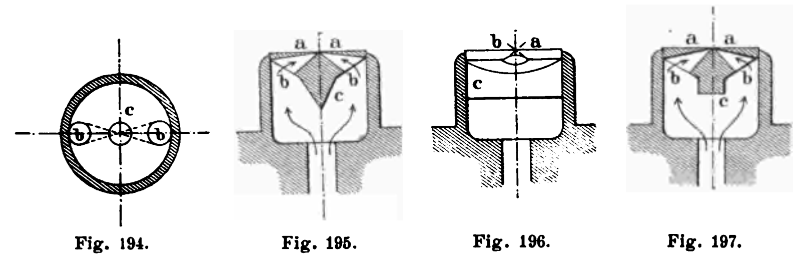


Fig. 194. Fig. 195. Fig. 196. Fig. 197.

q (Fig. 198) sind einzelne Messingröhrchen, die alle in die Kammer Q münden, von wo aus ihnen das aus der Leitung kommende Acetylen zugeführt wird. Die Röhrchen sind, wie aus Fig. 199 (Schnitt in der Linie x—x der Fig. 198) hervorgeht, in zwei Kreisen auf der gemeinsamen Grundfläche angelötet, sodass sie zusammen ein Büschel bilden. Die einzelnen Flämmchen, die nach dem Anzünden des jedem Röhrchen entströmenden Gases entstehen, vereinigen sich nicht, wie man vermuten würde, zu einer einzigen Flamme, sondern brennen als kleine Flammenköpfchen jedes für sich. Das Aussehen

der Flamme ist zweifellos ein recht hübsches, jedoch ist anzunehmen, dass die Herstellung dieses Brenners im Verhältnis zu seiner Wirkung zu kostspielig und mühevoll ist. Jedenfalls bildet der Schülke-Brenner eine ganz neue Kombination, die allerdings etwas an die Argandbrenner erinnert, nur dass bei diesen ein Kranz nebeneinandergebohrter Gasausströmungsöffnungen in ein massives Stück Speckstein gebohrt ist, während beim Schülke-Brenner an Stelle dieser Bohrungen die einzelnen Röhrchen treten. Später ist man jedoch thatsächlich dem Argandbrenner in Form und Prinzip ganz nahe gekommen und wir glauben, dass auf der Grundlage dieses Brennerprinzips auch früher oder später für grossen Lichtkonsum ein vorzüglicher, ökonomischer Acetylenbrenner geschaffen werden wird.

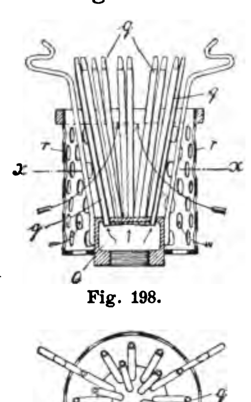


Fig. 198.

Fig. 199.

Ausser dem Schülke-Brenner entstand noch eine ganze Anzahl der verschiedensten und oft merkwürdigsten Brennerkonstruktionen zur Erreichung desselben Zieles, die jedoch bald wieder verschwanden. In diese Zeit fällt auch die Entstehung einer Abänderung des gewöhnlichen Zweilochbrenners behufs Luftzuführung zu der Flamme. Der unter dem Namen Kaestner-Brenner eine Zeit lang benutzte Brenner besteht, wie gesagt, aus einem gewöhnlichen Zweilochbrenner, dem an zwei gegenüberliegenden Seiten ein nach innen gewölbter Lappen an die Kante angefügt ist. Dies ist dadurch erreicht, dass man eine Messinghülse stramm über den Brenner schiebt, dieselbe etwa 5 *mm* über den Brenner hinausragen lässt und dieses überstehende Ende so vertikal ausschneidet, dass rechts und links ein Teil der Hülse stehen bleibt. Dasselbe wird abgerundet, nach aussen gebuckelt und jeder Buckel mit einem runden Loch versehen. Von welchem Gedanken man bei dieser Vorrichtung eigentlich ausging, ist uns nicht klar. Es findet wohl eine geringe Luftzufuhr statt, aber die Flamme wird im Verhältnis zu dem Mehraufwand an Geld (der Kaestner-Brenner war 6—7 Mal so teuer, wie der gewöhnliche Zweilochbrenner) durchaus nicht heller und verbrauchte genau soviel Gas, wie die gewöhnliche gute Zweilochtype.

Neben allen diesen mehr oder weniger verunglückten Versuchen vergass man nicht das Prinzip des Lebeau-Brenners und suchte diese Brennerart in vervollkommneter Weise dem Acetylenlicht dienstbar zu machen. Aus diesem Bestreben heraus entstanden die Topf- oder Champignon-Brenner, wie Fig. 200 und 201, zwei Typen

darstellten. Man hatte hierin bereits einen nicht zu verkennenden Fortschritt in der präzisen Fabrikation und in der Verbesserung der Flamme erreicht, aber trotzdem konnten diese Brenner nicht so recht festen Fuss fassen. Wohl waren die Verstopfungen der Brennermündungen durch Polymerisations- oder Kondensationsprodukte vermindert, da die Flamme die Brenneröffnungen nicht direkt berührte, wohl erreichte man eine dünne Flamme von gefälliger Form und ruhiger Verbrennung, aber ein Übelstand hob fast alle diese Vorteile auf: das war der starke Schatten, den namentlich die grossen Typen dieser Brenner warfen. Man schlug zunächst den Weg ein, durch zwei Verbesserungen auf einmal diesen Übelstand zu vermeiden und

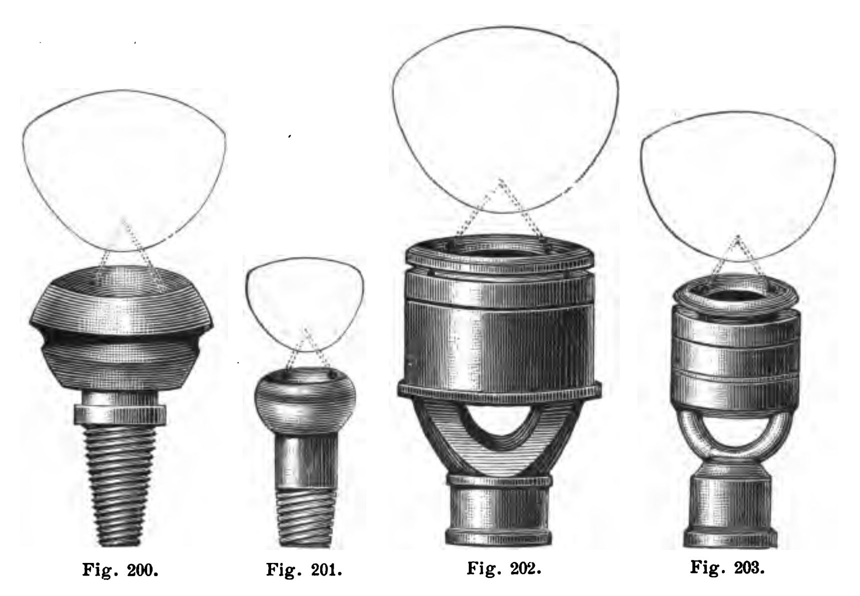


Fig. 200. Fig. 201. Fig. 202. Fig. 203.

zwar sollte dies durch die Ringform der Brenner geschehen. Diese ringförmigen Brenner haben gleichfalls bereits ihre Vorgänger in der Steinkohlengasbeleuchtung (wir erinnern nur an den Flosky-Brenner), aber sie brachten die Lösung der Brennerfrage um ein weiteres Stück näher. Wie die Typen einiger Ringbrenner (Fig. 202 und 203) erkennen lassen, wird die Luftzufuhr nicht nur seitlich, sondern auch von unten reichlich bewirkt und zugleich fällt ein Teil des Lichtes durch die Öffnung des Ringes auf die zu beleuchtenden Gegenstände. Wie ersichtlich, war man auf diese Weise halb unbewusst zu einem alten Bekannten zurückgekehrt, zu dem Argandbrenner, denn von den Ringbrennern zu den Argandbrennern war nur ein Schritt. Bullier hatte bereits vor dem Bekanntwerden

der Ringbrenner einen Brenner (Fig. 204 und 205) konstruiert, bei dem dieses Prinzip nahe berührt wurde. Nur führte er über den eigentlichen Brennerkörper einen Metallmantel c, durch dessen Öffnungen a die Luft zu den Brenneröffnungen b dringen und dadurch wahrscheinlich eine Verdünnung der Flamme bewirken sollte. Gleichfalls lässt dieser Brenner das Bestreben erkennen, das Gas von den Ausströmungsöffnungen entfernt zur Verbrennung zu bringen. Auch die Metallkappe dieser Bullier-Brenner werden wir später, allerdings zu anderem Zwecke, wiederkehren sehen. Unabhängig von

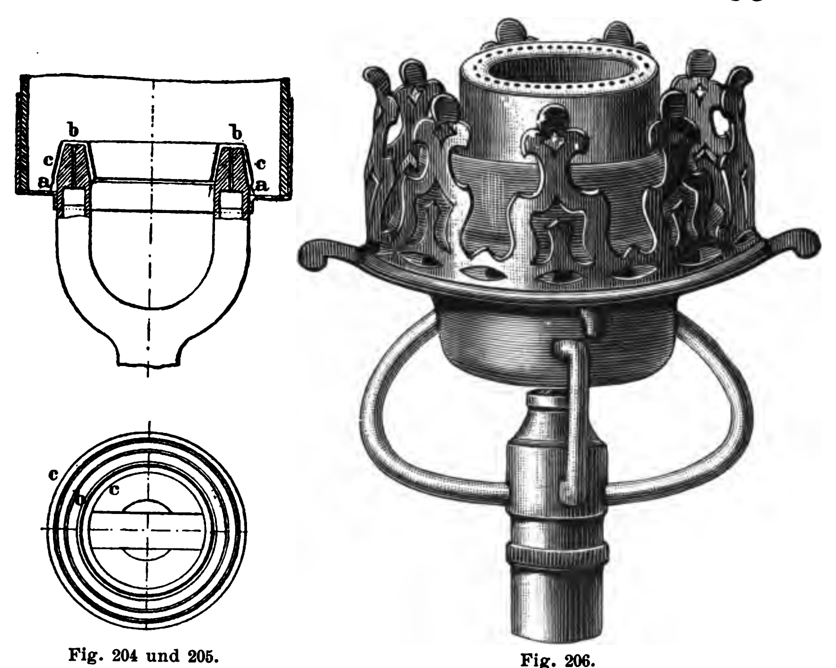


Fig. 204 und 205.

Fig. 206.

dieser früheren Brennerkonstruktion bemerkte man inzwischen auch schüchterne Versuche, den Argandbrenner (Fig. 206) in die Acetylenbeleuchtung einzuführen.

Doch auch diesen Versuch hemmte der durch alle möglichen Formenveränderungen des Ringbrenners noch nicht vermiedene starke Schatten der Specksteinmasse. Da der Schlagschatten bei der Acetylenflamme besonders scharf hervortritt, so war der Übelstand umsomehr fühlbar.

Die Schattenbildung wurde erheblich verringert, indem man, wie Fig. 207, den Brenner aus einem flachen Stück Speckstein, in Form eines V schnitt, oder die Form Fig. 208 wählte, oder wie es

die Fig. 209 veranschaulicht, an den beiden Enden eines Metallröhrchens zwei einem besonderen Brenner ähnliche Teile anlötete oder einfach die Enden mit schräg gegenüberstehenden Speckstein-

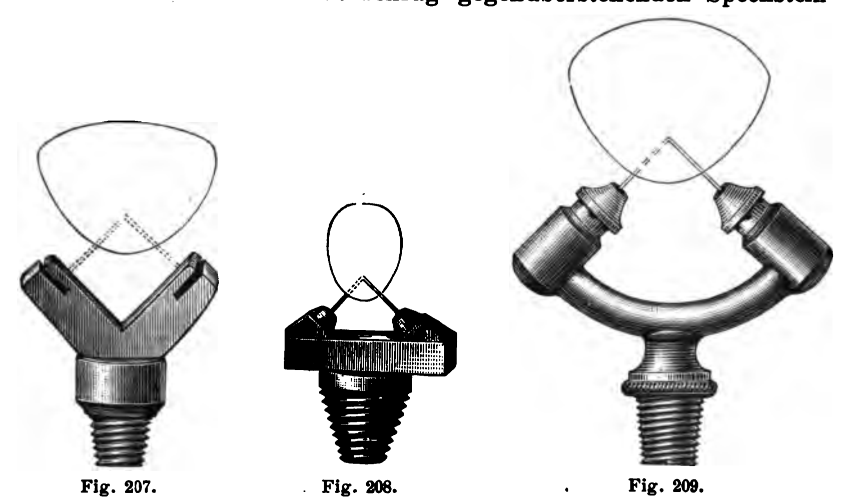


Fig. 207. Fig. 208. Fig. 209.

ansätzen versah. Diese *Röhrenbrenner* fanden bald eine grosse Anzahl Modifikationen und bewähren sich auch zur Zufriedenheit. Es folgten nun auch die Brenner mit ganz geringer Schattenbildung

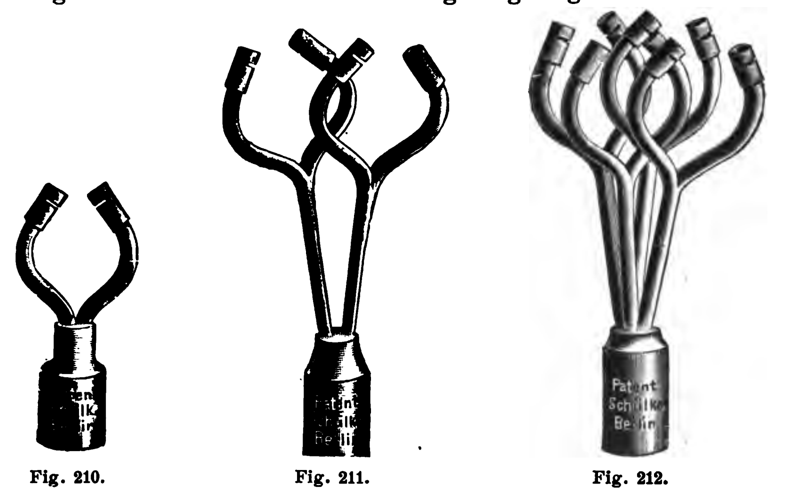


Fig. 210. Fig. 211. Fig. 212.

wie die *neuen Schülke-Brenner* (Fig. 210—212). Man hatte mit diesen Brennern wieder insofern einen Schritt vorwärts gethan, als man dazu überging im Bedarfsfalle auch mehrere Brenner in einem zu vereinigen; es entstanden also *Doppel-*, *Dreifach-*,

Vierfach-Brenner u. s. w. Hierdurch wurden so bedeutende Lichteffekte auf einer Stelle erzeugt, wie das bisher nicht ausführbar war. Durch die letztere Konstruktion der Schülke-Brenner sollen Lichteffekte bis zu 2000 HK erzielt werden können.

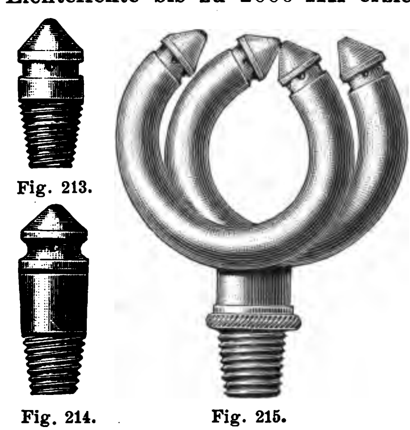


Fig. 213. Fig. 214. Fig. 215.

Um die sich noch immer schädlich erweisenden Ablagerungen an den Brennermündungen von den feinen Öffnungen wegzubringen, wurden allmählich bei allen Specksteinbrennern die feinen Ausströmungsöffnungen in konische Vertiefungen angebracht. Etwaige Ablagerungen fanden dann nicht am Ausgang dieser Löchelchen statt, sondern am äusseren Rande der konischen Erweiterung. Trotz allen diesen allerdings für die Acetylenindustrie und die Ausdehnung der Acetylenbeleuchtung wesentlichen Verbesserungen, kamen noch vielfache Störungen vor. Da tauchten die Brenner mit geringer

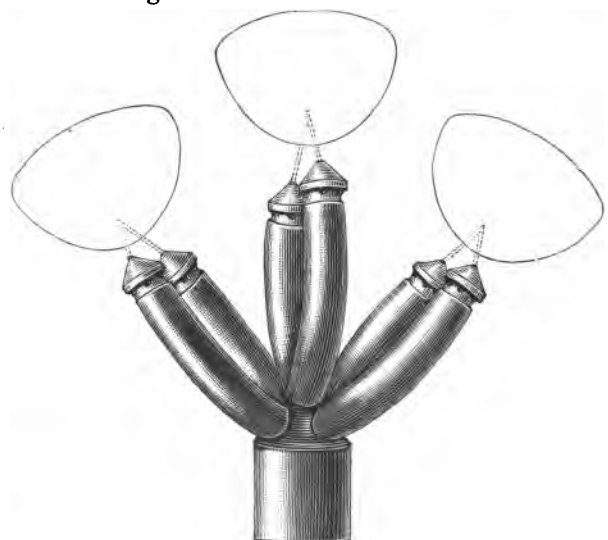


Fig. 216.

Luftzufuhr auf. Dieses Prinzip wurde auf die meisten der bisher benutzten Brenner angewandt, und mit dieser Ausführung können wir die **Brennerfrage als gelöst betrachten.** Wir lassen im nachstehenden einige dieser Konstruktionen folgen (Fig. 213—216), ver-

meiden aber absichtlich die Nennung der Namen der Erfinder oder Fabrikanten, da diese Verbesserungen nicht das Verdienst einzelner Personen sind, sondern sich allmählich entwickelt haben. Ebenso problematisch ist es, ob die zur Zeit bestehenden Patente und Gebrauchsmuster haltbar sind. Man wird dieses z. B. recht deutlich bei Betrachtung des Naphey-Brenners (Fig. 217—218) erklärlich finden. Wir finden bei diesem Brenner bereits das Bestreben die Gasausströmungsöffnungen von der erhitzten Brennermündung zu entfernen, wir erkennen deutlich das Bunsen-Prinzip der Luftzuführung und endlich bemerken wir die Kollidierung des Brenners mit dem Lebeau-Brenner hinsichtlich der diagonalen Gasstrahlen. Es ist immer dasselbe System, derselbe Konstruktionsgedanke, nur die Art der Ausführung des Gedankens ist immer eine andere, eine oberflächlichere oder wohldurchdachtere, von der Verbrennungstheorie des Acetylens ausgehende. Der Naphey-Brenner ist auch im gewissen Sinne der Vorläufer des später angeführten Billwiller-Brenners.

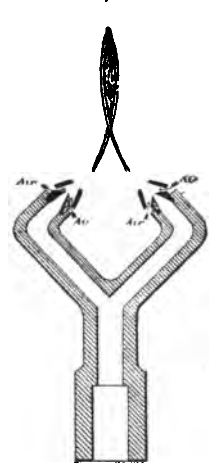


Fig. 217.



Fig. 218.

Die zuletzt beschriebenen Brenner mit geringer Luftzuführung sind vollständig zuverlässig, solange man technisch reines Acetylen zum Brennen verwendet, was heute meistens der Fall ist. Bei nicht gereinigtem Gas bilden sich auch bei diesen Brennern vielfach Abscheidungen. In solchen Fällen wird vorteilhaft der Billwiller-Brenner mit Metallkappe oder ein Nadelbrenner (Fesourt) benutzt. Der Billwiller-Brenner absorbierte lange Zeit das volle Interesse der Acetylenbeleuchtungsindustrie. Die erwartete weite Verbreitung wurde jedoch in der ersten Zeit sehr durch den hohen Preis gehemmt und erst seit einigen Monaten hat man Mittel und Wege gefunden, um den Brenner zu einem entsprechend mässigen Preise liefern zu können. Es existieren von dem Billwiller-Brenner zwei äusserlich grundverschiedene Arten, die jedoch im Prinzip völlig gleich sind. Letzteres beruht auf der bereits früher mitgeteilten Beobachtung, dass sich bei der Verbrennung von Acetylen, infolge von gewissen Beimengungen des Gases, die bei der Gasdarstellung durch Verunreinigungen der Materialien entstehen, saure Dämpfe, insbesondere gasför-

mige Phosphorsäure bildete, die sich bei den Brennern an der Düse niederschlägt, das Düsenmaterial angreift und direkt oder indirekt eine allmähliche Verstopfung der äusserst feinen Gasausströmungsöffnungen in der Düse herbeiführt. Um diesem Übelstande vorzubeugen, hat der Billwiller-Brenner über der Brenndüse einen Hut, der entsprechend den Löchern in der Düse, mit einer oder mehreren Öffnungen versehen ist, die in der Richtung der ersteren liegen, jedoch grösser als diese sind, und durch die das aus der Düse austretende Gas strömt, ehe es über dem Hut verbrennt. Brennerkopf und Hut sind in besonderer Weise aus verschiedenem Material hergestellt. Um die die Verstopfung der unter dem Hut befindlichen Düsen befördernden feuchten Säureniederschläge zu verhindern, werden Hut und Brenner aus Materialien hergestellt, deren Wärmeleitungsfähigkeit erheblich voneinander verschieden ist. In der Zeichnung (Fig. 219), ist eine Ausführungsform eines Hutbrenners gezeigt, bei welcher der Hut eine relativ flache konische Form und der Brenner eine einzige Düsenöffnung a^0 hat. Die über der Öffnung a^0 befindliche Öffnung b^0 ist grösser als a^0. Der Hut ist durch Tragstützen c^1 mittels des Ringes c mit dem einen Bund d^1 besitzenden Düsenhalter d verbunden und kann leicht abgenommen werden. Die Brennerdüse a besteht nun aus die Wärme schlecht leitendem Material, wie z. B. Speckstein, Platin, Neusilber u. s. w., der Hut aus die Wärme gut leitendem Material, z. B. Silber, Kupfer. Hierdurch wird die Wärme des Hutes auf die Düse übergestrahlt und die Kondensation der bei der Verbrennung, wie einleitend erwähnt, sich bildenden sauren Dämpfe auf den Hut beschränkt, sodass auch dadurch die Verstopfung der äusserst feinen Düsenöffnungen des inneren Brennerkörpers verhütet wird. Erwähnt sei, dass beispielsweise das Verhältnis des Wärmeleitungsvermögens von Neusilber zu Silber wie 6 zu 100 ist.

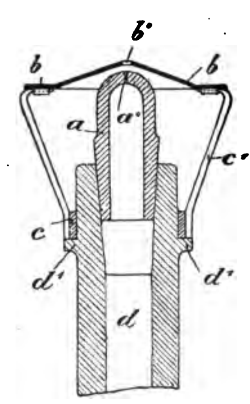


Fig. 219.

Die andere Form des Billwiller-Brenners ist in den Fig. 220 bis 223 veranschaulicht. Bei diesen ist für eine genügende Luftzufuhr dadurch gesorgt, dass über der Gasausströmungsöffnung eine Nickelplatte angebracht ist, worin auch der Unterschied der eigentlichen Specksteinbrenner desselben Prinzips (vergl. u. a. Fig. 207) und dem Billwiller-Brenner liegt. Haben wir also im vorhergehenden Brenner kennen gelernt, bei denen auf einen Metallkörper Specksteinköpfchen gesetzt waren, so finden wir hier das genau umgekehrte

Verhältnis. Dadurch suchte der Konstrukteur die Vorteile des Specksteines, also nicht Kondensieren von Phosphorsäure, und diejenige des Metalls, also Nichtrussen, miteinander zu kombinieren. Wendet

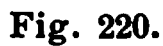



Fig. 220.



Fig. 221.

man nämlich statt Speckstein als Unterlage Metall oder einen anderen besseren Wärmeleiter an, so zeigt sich, dass auch das Ausströmungsloch nicht rein bleibt und sich leicht verstopft durch Kondensationsprodukte, besonders dann, wenn oben eine dünne, wenig Wärme



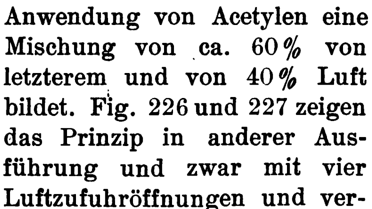
Fig. 222.



Fig. 223.

absorbierende Metallplatte angewendet wird. Benutzt man dagegen oben eine dicke Metallplatte, so wird man oben sehr bald Kondensationserscheinungen beobachten, während das Ausströmungsloch rein bleibt.

Es war naheliegend, dass man schon in der ersten Zeit des Entstehens der Acetylenindustrie auch Bunsen-Brenner für das neue Gas in Anwendung brachte, um auf diesem Wege eine zufriedenstellende Verbrennung des Acetylens zu erzielen. Der Bullier'sche Bunsen-Brenner für Acetylen ist in Fig. 224 in der Ausführung für eine breite, in Fig. 225 für eine runde Flamme dargestellt. a ist ein Rohr mit seitlichen Löchern d, die zum Eintritt der Luft in das Innere des Brenners dienen und etwas tiefer als die Gasdüse b gebohrt sind. Der Querschnitt von d ist so bemessen, dass sich bei Anwendung von Acetylen eine Mischung von ca. 60% von letzterem und von 40% Luft bildet. Fig. 226 und 227 zeigen das Prinzip in anderer Ausführung und zwar mit vier Luftzufuhröffnungen und ver-



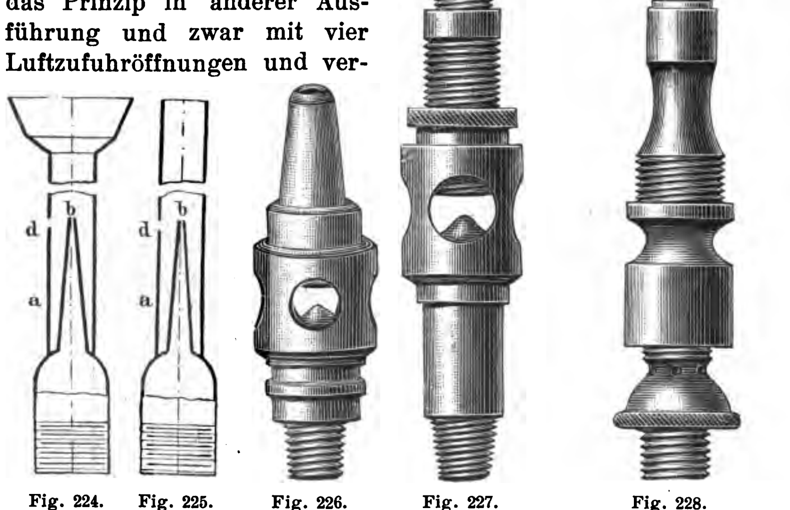


Fig. 224. Fig. 225. Fig. 226. Fig. 227. Fig. 228.

stellbarem Brennerrohr. Eine fernere Ausführungsform des Bunsen-Prinzips zeigt endlich der »*Idealbrenner*« (Fig. 228). Derselbe besteht 1. aus dem *Unterteil*, welches zur Verbindung mit dem betreffenden Beleuchtungskörper, zur Gaszuführung dient, und hat in seinem oberen Teil, der düsenartig ausgebildet ist, einige auf der Zeichnung sichtbare Löcher für die Luftzuführung; 2. dem *Schaft*, in dem die Mischung mit der angesaugten Luft vor sich geht (die Menge derselben kann durch Drehen des Schaftes reguliert werden); 3. dem *Oberteil*, einem gewöhnlichen Hohlkopf-Schnittbrenner mit *breitem Schlitz*. Unterteil und Schaft sind von

Messing, Oberteil von Speckstein. Bei der Montage ist der Brenner, wie jeder andere, einzuschrauben und die Flamme durch Drehen des Oberteils zu regulieren, bis dieselbe den hellsten Lichteffekt giebt. Den höchsten Lichteffekt erzielt man bei diesen Brennern bei einem Druck von 14 *cm* Wassersäule.

Die Bemühungen, einen geeigneten Brenner für Acetylenglühlicht zu schaffen, waren längere Zeit erfolglos. Erst neuerdings ist es gelungen die sich hierbei bemerkbar machenden Schwierigkeiten zu überwinden. In der Hauptsache war es die geeignete Luftzuführung zum Acetylen. Diese musste in der Weise erfolgen, dass eine vollkommene Verbrennung des Kohlenstoffes mit grösster Heizwirkung stattfindet, was nur durch ein Acetylen-Luft-Gemisch zu erreichen ist, das stark zur Explosion neigt. Würde man eine solche Mischung in einem gewöhnlichen Bunsen-Brenner verbrennen, so würde die Flamme zurückschlagen, welche Gefahr durch die bisher bekannten mechanischen Mittel nicht beseitigt werden könnte. Die »Allgemeine Carbid- und Acetylen-Gesellschaft« m. b. H. hat nun unter Zugrundelegung der Untersuchungen Le Chateliers[1]) den in Fig. 229 abgebildeten Brenner konstruiert. Derselbe hat eine Gasdüse T, zu deren beiden Seiten sich die Luftlöcher M befinden, die so angeordnet sind, dass ihr höchster Punkt sich etwas unterhalb der Gasdüse befindet. Oberhalb der Düse befindet sich das Brennerrohr W, das an einem Punkte nahe an der in der Zeichnung nicht sichtbaren Brenneröffnung stark verengt ist. Mit diesem Brenner erzielt man eine vollkommen entleuchtete und demzufolge russfreie Flamme von 1600° C. Der Glühstrumpf A hängt mittels der Öse L an dem Haken S, der mittels der Schraube D hoch und tief ver-

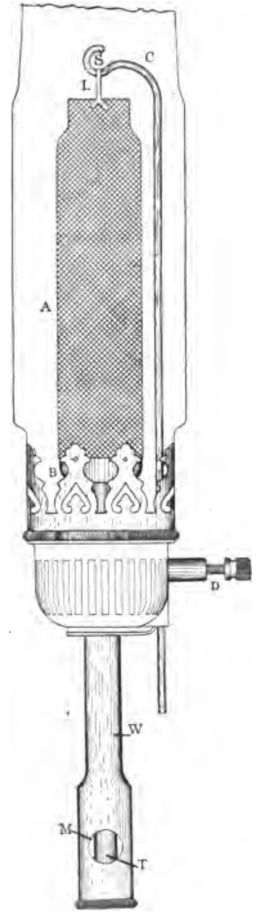


Fig. 229.

[1]) Vergl. Abschnitt »Die Explosibilität des Acetylens«.

stellt werden kann. Der Cylinder C zeigt die übliche Form. Die Glühkörper sind von besonderer der Flammenform angepasster Form und sind auch aus anderem Material als die gewöhnlichen Strümpfe, um der bedeutend höheren Temperatur und dem stärkeren Druck widerstehen zu können. Die Leuchtkraft dieser Brenner ist ausserordentlich gross. Infolge der weit höheren Temperatur kommen die Glühkörper zu einem viel intensiveren Glühen, so dass eine grössere Lichtstärke und auch im Gegensatz zum Steinkohlengasglühlicht ein rein weisses Licht emittiert wird. Nach den bisherigen Untersuchungen wird mit diesen Brennern eine Ersparnis dem frei brennenden Acetylen gegenüber von 30—40 % erreicht.

Mit der Einführung des Glühlichtes hat die Acetylenindustrie einen weiten Schritt vorwärts gethan. Es ist nicht anzunehmen, dass dies Verfahren die bisher üblichen Acetylenbrenner überall verdrängen wird, denn es ist ja gerade ein Hauptvorteil des Acetylens, dass es ohne Strümpfe und Cylinder ein weit helleres Licht liefert als das Auer'sche Glühlicht, und dass es in beliebig kleine Flammen teilbar ist. Für viele Fälle aber, wo entweder die Ökonomie eine grosse Rolle spielt, oder wo eine sehr helle Flamme von besonderer Form verlangt wird, die mit den gewöhnlichen Acetylenbrennern nicht erreicht werden kann, wird das Acetylenglühlicht seinen Platz finden.

Ausser den beschriebenen Brennern ist noch eine Unzahl aller möglichen Typen aufgetaucht, die mehr oder weniger schnell wieder verschwunden sind und zum grossen Teil praktische Anwendung überhaupt nicht fanden. Wir müssen es uns natürlich versagen, auf alle diese Konstruktionen auch nur andeutungsweise einzugehen, doch wollen wir nicht unerwähnt lassen, dass hin und wieder eine neue Brennertype für Spezialzwecke sich eine Zeit lang einbürgert. In der Regel kehrt man aber schliesslich immer zu dem altbewährten Stamm von Brennern zurück. Einen beachtenswerten Einfluss auf die Acetylenbeleuchtung haben sich lediglich die vorbeschriebenen Brenner errungen. Wenn auch von diesen einige sich nicht behaupten konnten, so stellen sie doch Typen dar, die für spätere Konstruktionen vorbildlich sind.

Bemerkenswert ist ferner, dass man sich bei den Brennern mit geringer Luftzufuhr nicht einig darüber ist, ob Bunsenwirkung oder ob keine Luftmischung vor der Verbrennung stattfindet, sondern dass der Gasstrahl auf seinem Wege bis zur Verbrennung vollständig kalt gehalten wird und auf diese Weise die Flamme den Brenner garnicht berührt. Hieraus ist ersichtlich, wie sehr die Wirkungen der verschiedenen Brenner in ursächlichem Zusammenhange zu stehen scheinen.

Bei Mischungen von Acetylen mit Ölgas, Luft oder indifferenten Gasen können die alten Brennerkonstruktionen verwandt werden, wie z. B. auch der Idealbrenner Fig. 227 den gewöhnlichen alten Schnittbrenner aufweist, wie man ihn bei der Steinkohlengasbeleuchtung benutzt.[1])

Die Verbrennnng des Acetylens.

Wie sich jede plötzliche Wärmeentwickelung als Licht offenbart, so ist es für die künstliche Erhöhung der Leuchtkraft einer Flamme das höchste Ziel, dieselbe als Resultat einer bedeutenden Wärmeentfaltung wirken zu lassen. Bei der fünfzehnmal grösseren Helligkeit des Acetylens als die des Steinkohlengases, musste man annehmen, dass die Temperatur der Acetylenflamme eine enorme ist. Und doch ist dem nicht so. Thatsächlich beträgt die der Acetylenflamme nach Messungen von Lewes nicht über 1000° C., während die Temperatur der Steinkohlengasflamme in demselben Brenner auf über 1300° C. steigt. Die Temperatur der Acetylenflamme wird durch die bedeutende Berührung derselben mit der Luft stark vermindert, die zu ihrer russfreien Verbrennung nötig ist.

Bei der Erzeugung des Acetylens verbindet sich, wie schon früher erwähnt, der Kohlenstoff des Carbids mit dem Wasserstoff des Wassers. Hierbei dient die Wärme dazu, den Kohlenstoff aus der festen Form und den Wasserstoff aus der flüssigen Form in Gasform überzuführen. Bei diesem Vorgange wird Wärme absorbiert und erteilt den Atomen eine neue Bewegungsenergie. Bei der Entzündung des Gases an den Brennern ist indessen die Bewegungsenergie des Acetylens aufgehalten und steigert sich in dem Moment der Entzündung ungemein stark. Da jedoch bei der Verbrennung von Acetylen eine bedeutend geringere Menge Gas verbraucht wird, wie bei Steinkohlengas, so ist die entwickelte Wärme auch geringer. Da zur Erzeugung einer Leuchtkraft von einer Normalkerze pro Stunde 0,7 *l* Acetylen, hingegen 10 *l* Steinkohlengas, also mehr als das 14fache Quantum Leuchtstoff, erforderlich ist, so erklärt sich die geringere Temperatur und grössere Helligkeit der Acetylenflamme.

Man könnte nun annehmen, dass infolge dieses Verhältnisses die Steinkohlengasflamme die 14fache Hitze entwickelt wie Acetylen. Dies ist jedoch nicht der Fall, da das Verhältnis der Verbrennungs-

---

[1]) Von lesenswerten Publikationen über Acetylenbrenner sind zu nennen: »Über die Leistung von Acetylenbrennern« von Alf. Weber, in der »Schweizerischen Bauzeitung« 1898, Nr. 5, S. 31. — Dasselbe: »Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung« 1898, Nr. 11, S. 180. — »Über Acetylenbrenner« von Dr. Paul Wolff in der »Zeitschr. f. Beleuchtungswesen« 1898, Heft 1—4. — »Über Acetylenbrenner« von Dr. Billwiller in der »Zeitschr. f. Calciumcarbidfabrikation u. Acetylenbeleuchtung« 1898, S. 206.

produkte der beiden Flammen ein grundverschiedenes ist. Hiernach steigt der Wärmeeffekt des Acetylens nicht proportional seines Leuchtkraftverhältnisses zum Steinkohlengas. Je reiner der in einer Flamme verbrennende Kohlenstoff ist, je weniger fremde Beimengungen (Wasserstoff u. s. w.) in der Flamme enthalten sind, desto grösser wird ihre Hitzeentwickelung sein, desto weisser, reiner wird ihre Farbe sein, aber auch desto geringer ist ihr Verbrauch an Brennstoff. Verbrennen wir unreine Fettkohle im Ofen, so werden wir ein fast doppelt so grosses Quantum benötigen um die gleich grosse Hitze zu erreichen, als mittels Anthrazit. Eine Flamme kann eine »kalte« sein, aber dennoch einen bedeutenden Heizwert besitzen. Acetylen besitzt, wie wir sahen, in seiner Flamme eine niedrigere Temperatur wie Steinkohlengas, mischen wir es aber mit Luft (3 : 2), so beträgt seine Heizkraft nach Dr. Bueb 8627 Wärmeeinheiten, diejenige des reinen Acetylens aber etwa 14000. Steinkohlengas enthält nur 5500 Wärmeeinheiten. Wird Acetylen mit der dem eigenen Volumen gleichen Menge Sauerstoff vermischt verbrannt, so kann eine Temperatur von 4000° C. erreicht werden, bei geeigneter Luftmischung eine solche von 2400° C. Es ist leicht, Platin in einer gewöhnlichen Lötrohrflamme mit einem Gemenge von Acetylen und Luft zu schmelzen, doch scheint das Platin erst ein Carbid zu bilden.

Über die Verbrennung des Acetylens hat insbesondere Le Chatelier eingehende Untersuchungen angestellt[1]) und namentlich die Verbrennungserscheinungen der Acetylen-Luft-Gemische studiert. Er fand hierbei, dass Gemische von Acetylen mit Luft, welche bis 7,74 Volumenprozent Acetylen enthalten, zu Kohlensäure und Wasser mit einer gelblichen, wenig leuchtenden Flamme verbrennen. Gemische, welche 7,74—17,37 % Acetylen enthalten, geben eine bläuliche bleiche Flamme mit einem gelblichen Rand. Die Produkte der Verbrennung bestehen aus CO_2, CO, H_2O-Dampf und H.

Die relativen Verhältnisse dieser Gase können, wie in allen ähnlichen Fällen, aus der bekannten Formel:

$$\frac{5000}{t + 273} + \text{Log. nat.} \frac{c \cdot c'}{c'' \cdot c'''} = \text{const.}$$

abgeleitet werden, wobei die Veränderung der latenten Wärme mit der Temperatur bei der Integration vernachlässigt wird; c, c', c'', c''' sind die relativen Volumina von H_2O, CO, CO_2 und H im Gasgemisch.

Es ist die Konstante gleich 5 zu setzen, wenn man bei der Berechnung von den experimentellen Ergebnissen anderer Unter-

[1]) Compt. rend., 121, 1144.

suchungen ausgeht, in denen ein ähnlicher Gleichgewichtszustand sich herausbildet. Daraus lässt sich folgende Gleichung ableiten:

$$\frac{c \cdot c'}{c'' \cdot c'''} = 10.$$

Gemische, welche über 17,37 % Acetylen enthalten, verbrennen unvollständig, indem CO und H gebildet und freier Kohlenstoff abgeschieden wird; auch bleibt unverbranntes Acetylen zurück. Die Russabscheidung ist sehr deutlich bei einem Acetylengehalt von über 20 %. Die Flamme wird dann glänzend, rötlich, und wird die Russabscheidung mit der Erhöhung des Prozentgehaltes an brennbarem Gas immer stärker; undurchsichtige schwarze Nebel bilden sich beim Auslöschen der Flamme.

Die Arten der Luftzuführung haben wir bereits bei Besprechung der Brenner kennen gelernt.

Die Entflammungstemperatur dieses Gases ist nahe an 480°, ist also viel niedriger, als bei anderen brennbaren Gasen, bei denen sie sich 600° nähert. Man entzündet sehr leicht die explosiven Acetylengemische in Glasröhren, indem man dieselben einige Augenblicke über einer Alkohollampe erhitzt. Die Explosion vollzieht sich, bevor das Glas zu erweichen anfängt.

Man kann nach Le Chateliers Angaben leicht die Verbrennungstemperatur der Acetylen-Luft-Gemische berechnen, ausgehend von der spezifischen Wärme der Körper im Gaszustande. Man findet danach, abgesehen von der Dissoziation — für ein Gemisch mit 7,74 % C_2H_2 .... t = 2420 — nach der Reaktionsgleichung:

$$C_4H_2 + 2{,}5\,O_2 + 9{,}4\,N_2 = 2\,CO_2 + H_2O + 9{,}4\,N_2,$$

für ein Gemisch mit 12,2 % C_2H_2 .... t = 2260, wenn man die Reaktion auf Grund oben erwähnter Bedingungen berechnet:

$$C_2H_2 + 1{,}5\,O_2 + 5{,}65\,N_2$$
$$= {}^1/_6\,(2\,CO + H_5O) \cdot {}^2/_6\,(CO_2 + H_2) + 5{,}65\,N_2,$$

für ein Gemisch mit 17,37 % C_2H_2 .... t = 2100, nach der Reaktionsgleichung

$$C_2H_2 + O_2 + 3{,}75\,N_2 = 2\,CO + H_2 + 3{,}75\,N_2.$$

Diese theoretischen Berechnungen sind auf praktische Verhältnisse nur unter gewissen Abänderungen anwendbar. Bei allen solchen Untersuchungen muss man zur absoluten Zuverlässigkeit der Resultate auch absolut reines Acetylen in Betracht ziehen, was man in der Praxis aber niemals erreicht. Dasselbe Verhältnis tritt bei Untersuchungen anderer Leuchtstoffe ein, sobald es sich um rein wissenschaftliche Feststellungen handelt. Die praktisch ermittelten Wärmeentwickelungen verschiedener Lichtquellen, die in nachfolgender Tabelle niedergelegt sind, weichen aus diesem Grunde

von den wissenschaftlich berechneten Resultaten mitunter nicht unwesentlich ab.

Tabelle der durchschnittlichen Wärmeentwickelung.

Eine Flamme von 16 HK entwickelt in einer Stunde	Wärme-entwickelung in Kalorien	Eine Flamme von 16 HK entwickelt in einer Stunde	Wärme-entwickelung in Kalorien
Elektr. Bogenlicht . . .	18	Petroleum	
» Glühlicht . . .	46	im 14″ Rundbrenner .	650
Steinkohlengas		Ölgas	850
im Argandbrenner . .	700	Wassergas	780
» Schnittbrenner . .	900	Spiritusglühlicht . . .	210
» Auerbrenner . . .	170	Petroleumglühlicht . . .	230
		Acetylen	135

Wedding[1]) giebt folgende Zahlen in Kalorien zur Erzeugung einer Kerze Helligkeit an. Für die einzelnen zur Verbrennung kommenden Stoffe nahm er folgende Heizwerte an: 1 *cbm* Leuchtgas = 5000 Kalorien — 1 *kg* Spiritus = 7000 Kalorien — 1 *kg* Petroleum = 11000 Kalorien — 1 *kg* Acetylen = 12000 Kalorien.

Tabelle der durchschnittlichen Wärmeaufwendung.

Zur Erzeugung einer Kerze Helligkeit von	sind erforderlich Kalorien	Zur Erzeugung einer Kerze Helligkeit von	sind erforderlich Kalorien
Leuchtgas		Petroleum	
im Schnittbrenner . .	66,5	im 14″ Normalbrenner.	32,0
» Rundbrenner . .	50,0	Petroleumglühlicht . .	13,75
» Regenerativbrenner	18,4	Acetylen	8,9
» Gasglühlicht . . .	10,0	Elektrisches Glühlicht .	2,59
Spiritusglühlicht . . .	10,6	» Bogenlicht .	0,37

Sehr einfach kann man die betreffenden Werte dadurch erhalten, dass man die einzelnen Lampen u. s. w. von gleicher Lichtstärke eine bestimmte Zeitdauer in einem gleichen Raume brennen lässt und die Temperatur des Raumes sodann misst. Oder man erhitzt eine bestimmte Wassermenge bis zum Sieden mittels der zu messenden Leuchtquelle. Die erhaltenen Resultate werden natürlich nicht absolut zuverlässig sein, aber sie genügen für die Praxis. Der Unterschied zwischen dem Acetylen und demselben Gewichte Kohlenstoff und Wasserstoff ist hinsichtlich der Wärmekraft 71 Wärmeeinheiten. Misst man die übrige, im Acetylen angehäufte Energie, so findet man, dass die Acetylenverbindung von Kohlenstoff- und Wasserstoffatomen dahin wirkt, den Nutzwert der Elemente zu

[1]) Verhandlgn. d. Vereins z. Förd. d. Gewerbefl. 1897, IX, S. 339—346.

steigern, d. h. 17 *kg* mehr Wasser zu erwärmen, als wenn sich die Elemente im freien Zustande amorphen Kohlenstoffes und Wasserstoffgases befinden.

Bei der Ausführung der eben erwähnten Siedeprobe wird man zu folgenden praktischen Resultaten gelangen:

Tabelle über die Heizkraft verschiedener Brennstoffe.

Zur Erhitzung auf Siedetemperatur braucht man für 1 *l* Wasser	Quantum	Einheitspreis	Kosten der Erhitzung
Benzin	20 *g*	1 ℳ p. *l*	2,0 ₰
Spiritus	35 »	40 ₰ » »	1,4 »
Petroleum	30 »	20 » » »	0,6 »
Kohlengas	40 *l*	16 » » *cbm*	0,64 »
Acetylen	8 »	1,20 ℳ » »	0,96 »
Steinkohlen	200 *g*	17 » » *t*	0,32 »

Um diejenigen Eigenschaften des Acetylens zu untersuchen, die auf seine Leuchtkraft Bezug haben, genügt folgender einfacher Versuch: Man lasse eine kleine Menge unterchlorsauren Gases in einem hohen Glasgefässe frei und tauche in dasselbe eine Röhre, aus der ein Strom Acetylen entweicht. Das letztere wird sich infolge der grossen Wärme, die durch seine chemische Wirkung auf die Unterchlorsäure entsteht, sofort entzünden. Wenn gewöhnliches Gas oder jedes beliebige andere Gas demselben Versuche unterworfen würde, so würde keine Flamme entstehen.

Die Leuchtkraft des Acetylens hängt ab von dem Brenner, der Reinheit und der Mischung mit Luft oder brennbaren Gasen. Die Feststellung der Leuchtkraft eines Leuchtstoffes kann praktisch immer nur eine relative sein, denn obgleich wir z. B. wissen, dass 0,7 *l* reines Acetylen eine Helligkeit gleich 1 HK zu erzeugen imstande ist, so bezieht sich dieser Nachweis nur auf ganz bestimmte Verhältnisse. Schlechte Brenner werden mehr Gas zur Entwickelung der gleichen Helligkeit verbrauchen, wie bessere, unreines Gas wird eine geringere Leuchtkraft ergeben, wie reines. Diesen Ursachen ist es zum grössten Teil zuzuschreiben, dass man mit gleichen Brennern bei Anwendung verschiedenen Carbids ganz abweichende Helligkeiten bei gleichem Gaskonsum erhält oder andererseits bei gleichem Carbid aber verschiedenen Brennern Differenzen hinsichtlich des Gasverbrauches zur Erzielung gleicher Helligkeit auftreten. In dem Abschnitt: »Preisverhältnis der Acetylenbeleuchtung« sind tabellarische Angaben über die Leuchtkraft der verschiedenen Lichtquellen mitgeteilt.

Die vorzüglichen Eigenschaften der Acetylenflamme gaben Veranlassung, dieselbe ausser der Beleuchtung auch für andere Zwecke zu verwenden. So schlug Violle vor, die Acetylenflammen für photometrische Zwecke zu benutzen, da die bisher hierfür in Betracht kommenden Lichtquellen manche Mängel aufweisen. Violle benutzt ein Photometer folgender Konstruktion: Das in einem Gefässe in komprimiertem Zustande befindliche Gas tritt unter einer Pressung von 30 *cm* Wassersäule aus, passiert ein konisches, stets leicht zu ersetzendes Röhrchen, zieht die nötige Verbrennungsluft mit und verbrennt in einem Manchester-Brenner. Mittels Photometers und Photographie wurde diejenige Region der so erhaltenen Schmetterlingsflamme bestimmt, welche einen gleichmässigen Effekt besitzt. Die Flamme ist durch eine doppelte Hülle aus Metall gegen die Einwirkung von Luftströmungen geschützt und ihr nutzbarer Teil wird durch zwei Scheiben begrenzt, wovon die eine, von Iris, mit einer nach Kerzenstärken geteilten Skala versehen ist, während die andere Öffnungen von bestimmter Grösse trägt. Man erhält auf diese Art Lichtquellen von 5 — 20 Kerzen, die totale Flamme besitzt 100 Kerzenstärken, welche man durch Verstärkung des Druckes bis 125 erhöhen kann. Auch kann man die Farbe der Flamme verändern und infolgedessen ihren Glüheffekt; wenn man nämlich die Pressung erhöht, erhält die Flamme einen roten Stich, wie man ihn bei der Verbrennung der Carbide, wenn sie bei hoher Temperatur stattfindet, beobachten kann.

Die Verwendung der Acetylenflamme als Lichteinheit bei Messung weisser Flammen schlug Féry in einem der französischen Akademie vorgelegten Berichte vor. Er lässt zu diesem Zwecke das Acetylen in freier Luft brennen und benutzt als Brenner eine an den Enden sorgfältig abgeschnittene Thermometerkapillare von 0,5 *mm* lichter Weite. Der durch diese geringen Dimensionen bedingte minimale Gasverbrauch, würde genaue Gaszähler nötig und damit die Methode für die Praxis unbrauchbar machen. Féry schlägt deshalb vor, nicht den Gasverbrauch, sondern die Flammenhöhe, welche sehr genau gemessen werden kann, der Berechnung der Intensität der Acetylenflamme zu Grunde zu legen, da innerhalb gewisser Grenzen die Flammenhöhe als Funktion der Intensität annähernd durch eine gerade Linie dargestellt werden könne. Zur Ermittelung der somit einzigen Konstanten seiner Versuchsanordnug bedient sich Féry einer kleinen schwarzen Kammer mit Diaphragma, welches das Bild der Flamme in wirklicher Grösse auf einer mit Millimeterteilung versehenen matten Glasplatte entwarf. Die erhaltenen Resultate, bei denen eine zweite Acetylenflamme als Ver-

gleichsobjekt angewendet wurde, sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben:

Flammenhöhe *mm*	Stündlicher Verbrauch in *l*	Intensität beobachtet	Intensität berechnet	Übrigbleibender Fehler
5	1,15	0,056	0,000	+ 0,056
10	2,02	0,325	0,318	+ 0,007
15	2,80	0,670	0,669	+ 0,001
20	3,52	1,020	1,020	0,000
25	4,28	1,380	1,372	— 0,008
30	5,00	1,660	1,724	— 0,064
35	6,00	1,910	2,076	— 0,166

Man kann also zwischen 10 und 25 *mm* Flammenhöhe die Proportionalität der Intensität mit der Flammenhöhe voraussetzen.[1])

Dass die hohe Temperatur der Acetylen-Bunsenflamme auch für Heiz-, Löt- und Schmelzzwecke ausgenutzt würde, war naheliegend. Die Heizung von Räumen mittels Acetylen ist allerdings kaum über die ersten Versuche hinausgelangt, wohl weil der hohe Preis der Acetylenheizung hindernd im Wege steht. Einige Anwendung findet indess Acetylen für Kochzwecke. Festeren Fuss hat Acetylen hingegen zum Erhitzen von Lötkolben und zum Hartlöten gefunden. Es eignet sich hierfür in vorzüglicher Weise. Abgesehen von der Form des Bunsenbrenners, also der Art der Luftmischung, unterscheiden sich die hierbei in Frage kommenden Vorrichtungen in nichts von den gewöhnlichen, bekannten Gaslöteinrichtungen.

Doch nicht allein diese Ausnutzung der Flamme des Acetylens kommt verschiedenen Industrien zu statten, auch ihre Nachteile macht sich die Technik dienstbar. Die Firma Berger & Wirth in Schönefeld bei Leipzig hat bereits vor mehr als Jahresfrist ein Verfahren zur Herstellung von Russ aus Acetylen patentiert erhalten, dem bald Nachahmungen folgten. Die Bildung von Russ aus gasförmigen Kohlenwasserstoffen findet bekanntlich in der Art statt, dass die letzteren bei genügend hoher Temperatur unter Abscheidung von Kohlenstoff zerlegt werden. Hierzu sind nur solche Kohlenwasserstoffe befähigt, welche die Kohlenstoffatome mehrfach untereinander gebunden enthalten, während diejenigen mit einfacher Bildung der Kohlenstoffatome unter gleichen Bedingungen zu Wasser und Kohlensäure oxydiert werden. Als die weitaus wichtigsten Russerzeuger sind das Acetylen und seine Homologene zu bezeichnen, in welchen bekanntlich die Kohlenstoffatome in doppelter Bindung auftreten. Kohlenwasserstoffe mit dreifacher Bindung der Kohlenstoffatome sind

[1]) Acetylen in Wissenschaft u. Industrie 1898, 12, 149.

in den bisher zur Russfabrikation verwendeten Gasen in zu geringer Menge vorhanden, als dass ihnen eine grössere Wichtigkeit bei der Russerzeugung zugesprochen werden könnte. Das Acetylen liefert drei- bis vier Mal so viel Russ als gutes Ölgas. Der so gewonnene Russ ist tief schwarz, ohne einen Stich ins bräunliche, und von sehr guter Deckkraft. In Firnis angerieben, liefert derselbe ein wertvolles Druckschwarz, das durch ausserordentliche Tiefe, wie durch Reinheit der Nüance ausgezeichnet ist. Da dieser Russ frei von teerigen Bestandteilen ist, so kann er auch als Wasserfarbe verwendet werden. Sehr vorteilhaft lässt sich das Acetylen bekanntlich mit anderen geeigneten Gasen verbrennen. In dieser Anwendung ist die hauptsächlichste Bedeutung desselben für die Russfabrikation zu erblicken. Durch Anreicherung mit Acetylen ist es möglich, auch minderwertige Gase für die Russbereitung verwendbar zu machen. Ölgas und Acetylen, in wechselnden Verhältnissen verbrannt, ergaben äusserst wertvolle Produkte, welche in ihren Eigenschaften zwischen dem feinsten Ölgas- und Acetylenruss stehen.

Über die Eigenschaften und Wirkungen des Acetylens in sanitärer Beziehung ist im folgenden Kapitel berichtet.

Das Acetylen in sanitärer Beziehung.

Nachdem man allgemein bei der ersten Einführung in der Praxis das Acetylen für äusserst gesundheitsgefährlich und unter Umständen für tötlich hielt, ist man heute zu der Überzeugung gelangt, dass Acetylen nicht in gleichem Maasse, wie Kohlengas, gesundheitsschädlich wirkt. Zur Feststellung dieser Thatsache haben unzählige physiologische Beobachtungen und Zufälligkeiten beigetragen, und namentlich verdanken wir in erster Linie Berthelot, Grehant, Oliver, Brociner und Bernard diese Arbeiten. Berthelot und Bernard haben bereits 1862 festgestellt, dass reines Acetylen nicht giftig ist. Das Handelsacetylen ist, wie wir sahen, mit mancherlei Unreinigkeiten (Phosphorwasserstoff, Schwefelwasserstoff u. s. w.) durchsetzt, und insofern kann dieser Ausspruch der Nichtgiftigkeit auf dieses nicht Anwendung finden. Inwieweit das gebräuchliche Acetylen sanitär nachteilig wirkt, werden wir im folgenden sehen. J. M. Crafts teilte den Bericht von W. H. Birchmore über diesen Gegenstand mit,[1]) wonach 1 Teil Acetylen in 10000 Teilen Luft ein Meerschweinchen in 6 Stunden tötete und nach Verlauf von 10 Minuten Übelkeit eintrat. Ferner verlor das Blut seine Fähigkeit, Sauerstoff zu absorbieren, genau so, wie es bei Vergiftungen durch Hydrocyansäure der Fall ist.

---

[1]) The Electr. Engin. (New-York) 1895, 469.

L. Brociner bestätigte[1]) in ausführlicher Weise die früheren Mitteilungen Berthelots über die Nichtgiftigkeit reinen Acetylens und wies nach, dass es vom Blute in keinem höheren Maasse absorbiert würde als vom Wasser, und ferner, dass es keine spezifische Wirkung auf das Blut hat. Bereits 1887 hatte er umfassende Versuche über die pharmakologischen Eigenschaften des Acetylens angestellt, wobei er zu folgenden Ergebnissen kam:[2])

1. Das Blut löst ca. 0,8 des eigenen Volumens an Acetylen.

2. Die spektroskopische Untersuchung eines acetylenhaltigen Blutes weist nichts besonderes auf; diese Lösung verhält sich ganz ähnlich dem normalen Blut und wird analog demselben und auch mit gleicher Schnelligkeit durch Ammoniumsulfhydrat reduziert.

3. Im Vakuum verliert das Blut das Acetylen, welches es enthält; der grösste Teil des Gases entweicht in der Kälte, doch ist es notwendig, die Lösung bis 60° zu erwärmen, um die letzten Mengen herauszubekommen.

4. Aus Lösungen des Acetylens in Blut, welche der Fäulnis unterworfen waren, kann man im Laufe der Zeit immer weniger Acetylen im Vakuum extrahieren; zu beachten ist, dass in diesem Falle die in der Kälte entweichende Menge stets dieselbe bleibt: dagegen wird der in der Wärme entweichende Anteil desto kleiner, je weiter die Fäulnis vorgeschritten ist.

5. Sollte eine Verbindung des Acetylens mit dem Hämoglobin des Blutes existieren, so ist diese Verbindung sehr unbeständig und durchaus nicht in dieser Beziehung mit der Verbindung des Hämoglobins mit dem Kohlenoxyd zu vergleichen.

6. Gemäss den Schlussfolgerungen von M. Berthelot vermag das Acetylen nur eine ausserordentlich schwache toxische Wirkung auszuüben, welche nicht grösser ist als diejenige anderer Kohlenwasserstoffe, wie Methan, Aethylen, Propylen u. s. w.

Tiere, welche der Wirkung von Gemischen unterworfen werden, die beträchtliche Acetylenmengen enthalten, erliegen sogar nach mehreren Stunden nicht, wenn man stets für eine genügende Quantität Sauerstoff und für Hinderung der Anhäufung der Atmungsprodukte des Tieres Sorge trägt.

Die Versuche von Frank und Weyl haben ergeben, dass selbst ein bis zu 9% steigender Gehalt der Luft an Acetylen von warmblütigen Tieren längere Zeit ohne Beschwerden und auch ohne spätere nachteilige Folgen ertragen werden konnte, während ein gleicher Gehalt der Luft an Leuchtgas, schon wegen

[1]) Compt. rend., 121, 773.

[2]) Ann. d'Hygiène et de Médicine légale, 3. Serie, XVII, 454. Desgl. Ztschr. f. Calciumcarbf. und Acetylenbel. 1897, 10, 76.

der in dem letzteren enthaltenen nicht unbedeutenden Mengen von Kohlenoxyd direkt giftig wirkt. Die in gleicher Weise vorgenommenen Arbeiten Grehants[1]) ergaben gleichfalls für Acetylen ein sehr günstiges Resultat. Er brachte einen Hund in einen dicht geschlossenen Raum, den er künstlich ventilierte und konstant mit 20% Sauerstoff versah, damit der Hund nicht verendete. Nach und nach führte er soviel Kohlengas in den Raum, dass derselbe 1% Kohlenoxydgas enthielt, worauf der Hund nach 3 Minuten Anzeichen von Schmerzen und nach 10 Minuten starken Taumel zeigte. Der Hund wurde nun aus dem Raume genommen und sein Blut untersucht: es enthielt 27% Kohleoxydgas. Grehant meinte, dass der Hund sicherlich nach einigen Minuten verendet wäre, wenn er nicht aus dem Raume entfernt worden wäre. Dieselben Versuche stellten Mosso und Ottolenghi an, wobei sie die nämlichen Resultate erhielten. Während also ein Gehalt von 1% Kohlenoxydgas (= 14% Pariser Leuchtgas), den Hund nahezu tötete, konnte derselbe in einer Mischung von 20% Acetylen und 2% Sauerstoff, 35 Minuten lang ohne besondere Anzeichen von Beschwerden atmen. Die hierauf vorgenommene Analyse einer Probe seines Blutes ergab 10% Acetylen. Das Absorptionsvermögen des Acetylens ist demzufolge um etwa ein Fünfzigstel geringer als das des Kohlenoxydgases. Übrigens würde das Ausströmen einer solchen erheblichen Menge Acetylengas eher eine Explosion als eine vergiftende Wirkung hervorbringen. Durch Einatmung von 40% Acetylen mit 20% Sauerstoff wurde ein Hund in 51 Minuten getötet, ein anderer durch 80% Acetylen und 20% Sauerstoff in etwa 30 Minuten, während ein Meerschweinchen bedeutend widerstandsfähiger war. Gréhant schliesst aus diesen Versuchen, dass das Acetylen nur in grösseren Dosen und in 40 bis 70%iger Mischung giftig ist.

Nach den umfassenden Untersuchungen[2]) Dr. Thomas Olivers ist, wenn die Acetylenatmosphäre keine allzutiefe ist — und unter gewöhnlichen Umständen, wie in menschlichen Wohnungen, dürfte es keine reine Acetylenatmosphäre sein, welche ein Individuum einatmet, sondern nur eine Mischung mit atmosphärischer Luft im Überschuss — so scheint bei Acetylen die Lebensgefahr geringer als bei Kohlengasvergiftung und die Aussicht auf Widerherstellung durch Versetzen in atmosphärische Luft grösser zu sein. Der Tod kann jedoch eintreten, wenn die Einatmung sehr lange dauerte und atmosphärische Luft nicht zugegen war.

---

[1]) Compt. rend., 121, 564.

[2]) British medical Journal, 23. April 1898. Desgl. Acetylen in Wissensch. u. Industrie 1898, 12, 147.

War das für die Versuche verwendete Kaninchen durch Acetylen in tiefe Asphyxie versetzt, waren seine Lippen völlig farblos, die Arterien leer, die Pupillen weit geöffnet, der Atem kurz und unregelmässig und die Muskeln völlig schlaff, so starb es auch nach Entfernung aus der Glocke; der Tod trat, wie bei Blutleere des Gehirns, unter Zuckungen erst der vorderen, dann der hinteren Gliedmassen und schliesslich des ganzen Körpers ein. Bei der Totenschau fühlte sich das Herz filzig hart an und war ganz zusammengezogen. Beide Herzkammern waren mit Klümpchen dunklen geronnenen Blutes gefüllt, die Lungen waren farblos, die Leber nicht übermässig mit Blut gefüllt; die Nieren zeigten an der Verbindungsstelle mit dem Rückenmark eine dunkel venöse Färbung, während die Gefässe an der Oberfläche des Gehirns farblos und leer waren. Die Blase war aufgeweitet, der Urin frei von Eiweis und Zucker. Die allgemeine Farblosigkeit durch und durch war auffallend. Das Kaninchen starb lange nach seiner Entfernung aus der Acetylenatmosphäre, nachdem es schon 20 Minuten in gewöhnlicher Luft oberflächlich und unregelmässig geatmet hatte. Die Verfassung des Herzens, wie sie bei der Totenschau gefunden, ist kaum diejenige, wie sie bei der Asphyxie beobachtet wurde. Es wirkten daher noch andere Faktoren bei dem Tode des Tieres mit.

Hierbei ist interessant zu erwähnen, dass wenn das Blut des Kaninchens in den verschiedenen Stadien der Vergiftung durch Acetylen untersucht wurde, dasselbe namentlich in der tiefsten Asphyxie bei spektroskopischer Untersuchung immer zwei wohlbestimmte Streifen des Oxyhämoglobins zeigte; ferner, dass es — unähnlich dem Blut bei Kohlengasvergiftung — obgleich es auch die kirschrote Farbe zeigte, doch leicht durch Ammoniumsulphit unter mässiger Hitze reduziert werden konnte.

Der Verbrauch an Verbrennungsluft stellt sich bei Acetylen nach einer Angabe von Hempel überaus günstig. Nehmen wir das Auerlicht als höchsten Repräsentanten des Steinkohlengases, so ermitteln wir den stündlichen Sauerstoffbedarf zur Verbrennung des Wasserstoffes gleich dem achtfachen Gewichte des letzteren $= 8 \cdot 0{,}0027 \cdot 115\ g$ oder 0,00248 *kg*, den Sauerstoffbedarf zur Verbrennung des Kohlenstoffes (nach Abzug des im Gase bereits als Kohlensäure vorhandenen Kohlenstoffes) gleich dem $2^2/_3$fachen Gewichte des letzteren $= {}^8/_3 \cdot 0{,}0027 \cdot 303\ g = 0{,}00218\ kg$, also zusammen 0,00466 *kg* oder 3,26 *l*, entsprechend rund 16 *l* atmosphärischer Luft. Die Acetylenbeleuchtung konsumiert pro Stundenkerze 0,7 *l* Acetylen, entsprechend 1,79 *l* Sauerstoff oder rund 8,8 *l* atmosphärischer Luft, also für gleiche Beleuchtung noch nicht die Hälfte wie für Steinkohlengas.

Nach einer Analyse von Prof. Poleck enthielt 1 *cbm* Kohlengas aus der II. Breslauer Gasanstalt 115 *g* Wasserstoff und 326 *g* Kohlenstoff; die 115 *g* Wasserstoff produzieren ihr neunfaches Gewicht = 1,035 *kg* Wasserdampf, entsprechend rund 1,30 *cbm* Wasserdampf; die 326 *g* Kohlenstoff produzieren ihr $3^2/_8$ faches Gewicht = 1,195 *kg* Kohlensäure, entsprechend rund 0,60 *cbm* Kohlensäure. Die analogen Zahlen pro Kubikmeter Acetylen sind 1 *cbm* Wasserdampf und 2 *cbm* Kohlensäure. Bei dem Auerlicht sind pro Stundenkerze durchschnittlich 2,7 *l* Gas erforderlich, die stündlich 0,0027 × 1,30 = 0,00351 *cbm* oder 3,51 *l* Wasserdampf und 0,0027 × 0,60 = 0,00162 *cbm* oder 1,62 *l* Kohlensäure erzeugen; das Acetylen konsumiert pro Stundenkerze rund 0,7 *l*, die also nur 0,7 *l* Wasserdampf und 1,40 *l* Kohlensäure pro Stunde produzieren.

Stellen wir andere Kohlengasbrenner an Stelle des Auerbrenners zum Vergleich, so wird das Verhältnis noch günstiger für Acetylen. Nach Untersuchungen von Prof. Renk[1]) stieg der Kohlensäuregehalt der Luft bei Beleuchtung mit dem gewöhnlichen Argandbrenner von 0,992‰ auf 4,386‰, somit um 3,394‰; mit Auerlicht von 0,946‰ auf 2,373‰, somit um 1,427‰. Zieht man deshalb Acetylen in Vergleich, so ergeben diese Versuche die Gewissheit, dass die atmosphärische Luft durch Argandbrenner um fast das Vierfache und durch Auerbrenner um das Doppelte mehr bezw. schneller verdorben wird wie von Acetylenlicht. Da, was auch jeder Laie weiss, Petroleumlicht, namentlich bei den gewöhnlichen Brennern, die Luft noch stärker verunreinigt, als Auerlicht bei gleicher Lichtstärke, so geht hieraus die Überlegenheit des Acetylenlichtes eklatant hervor. Verschwiegen soll jedoch hierbei nicht werden, dass nur Acetylen aus gutem Handelscarbid diesen Vorzug besitzt; während Acetylen von minderwertigem Carbid natürlich nicht so rein ist, selbst wenn es vor der Entzündung stark gereinigt wird. Aber auch dann wird das Verhältnis immer noch zu Gunsten des Acetylens ausschlagen. Wenn manche Besitzer von Acetylenlichtanlagen über einen wahrnehmbaren Geruch des Acetylens während dem Brennen oder über eine dunstige Luft klagen, so sind solche Fälle lediglich auf die Behandlung der Anlage zurückzuführen auf ungenügende Reinigung, auf fehlerhafte Konstruktion der Apparate und auf mangelhafte Brenner, die eine vollkommene Verbrennung des Gases nicht ermöglichen. Nach den wissenschaftlichen wertvollen Untersuchungen Grehants entstehen Verbrennungsrückstände bei gutem Carbid und brauchbaren Apparaten und Brennern nicht; die Verbrennung ist eine vollständige. Ich

---

[1]) Das Gasglühlicht. Gutachtlicher Bericht für das Stadverordneten-Kollegium zu Dresden, S. 60—66.

selbst fand in einem monatelang mit zwei Acetylenflammen beleuchteten Raume keinerlei Ursachen, die auf eine verdorbene Luft schliessen liessen, während jedem, der einen nur mehrere Stunden mit offener Steinkohlengasflamme erleuchteten Raum betritt, der lästige Geruch und ein Gefühl der Beklemmung sofort auffallen wird. Auch Prof. Renk konstatierte, dass es in einem grossen, gut ventilierten Eckzimmer kaum auszuhalten war, wenn während der Nacht nur ein einziger Argandbrenner darin gebrannt hatte. Berücksichtigt man, dass in 1 *cbm* unserer Atmosphäre nicht mehr als höchstens 2 *g* Kohlensäure enthalten sein dürfen, sofern die Luft nicht gesundheitsnachteilig wirken soll, so wird man leicht begreifen, dass eine Beleuchtungsart desto nachteiliger wirkt, je grösser der durch sie erzeugte Kohlensäuregehalt der Luft steigt.

Auf der Basis einer Lichtstärke von 100 Normalkerzen, erhöht sich der Kohlensäuregehalt der Luft in einer Stunde bei elektrischem Bogenlicht um eine Spur, bei elektrischem Glühlicht um nichts, bei Argandbrennern um 1150 *l*, bei Schnittbrennern um 520 *l*, bei Auerbrennern um 505 *l*, bei Petroleumflachbrennern um 980 *l*, bei Rundbrennern um 540 *l*, bei Stearin um 1200 *l*, bei Acetylen um 248 *l*. Trifft Kohlensäure mit glühendem Kohlenstoff (also z. B. in der Flamme) zusammen, so entsteht Kohlenoxydgas; die Kohlensäure nimmt hierbei noch ein Atom Kohlenstoff auf und verwandelt sich in Kohlenoxyd — eines der heftigsten, gefährlichsten und gefürchtetsten Gifte. Das Kohlenoxyd verbrennt an der Luft mit bläulicher, wenig leuchtender Flamme.

Die Farbe der Acetylenflamme ist absolut weiss. Mikroskopische Untersuchungen gefärbter Präparate können ohne jede blauen Zwischengläser vorgenommen werden. Photographien bei Acetylenlicht aufgenommen, unterscheiden sich in nichts von solchen bei Tageslicht hergestellten. Das hellste Citronengelb ist bei Acetylenlicht scharf von einer um nur wenig dunkleren Nuance zu unterscheiden, wie überhaupt sämtliche Farben in jeder Gestalt deutlich und klar sich darbieten.

Die Explosibilität des Acetylens.

Mit der Charakterisierung des Acetylens hinsichtlich seiner Explosibilität tritt zugleich das schlimmste Vorurteil in den Vordergrund, das man dem Acetylen entgegenbringt. Den Anlass hierzu boten einige Unglücksfälle gelegentlich verschiedener Acetylenexplosionen, die sodann in oberflächlicher Weise als Maassstab für den Explosivcharakter des Acetylengases angenommen und oft mit nicht zu verkennender Voreingenommenheit übermässig aufgebauscht wurden. Die grösste und verheerendste Acetylenexplosion, diejenige bei Georg Isaak in Berlin am 11. Dezember 1896, scheidet bei diesen Betrach-

tungen zunächst ganz aus, insofern deren Ursache die denkbar fahrlässigste Behandlung überaus stark komprimierten und flüssigen Acetylens war, während heute nur noch gasförmiges Acetylen in Betracht kommt und nur für besondere Fälle (Eisenbahnen u. s. w.) schwach komprimiertes Gas zu Benutzung gelangt. Für stationäre Beleuchtungsanlagen kommt ausschliesslich Acetylengas in Anwendung, welches nach zahllosen Untersuchungen und zufälligen Beobachtungen nur unbedeutend explosiv ist, wie Steinkohlengas. Die zum Eintreten einer Explosion notwendigen Umstände liegen für Kohlengas viel günstiger als für Acetylen, infolgedessen letzteres thatsächlich weniger Explosionsgefahr in sich birgt.

Reines Acetylen ist überhaupt nicht explosiv und auch das gewöhnliche, für Beleuchtungszwecke benutzte Acetylen ist nur dann explosiv, wenn es mit einem bestimmten Quantum Luft vermischt wird. Diese explosive Luftmischung tritt aber auch beim Kohlengas bei einem bestimmten Verhältnis ein, und zwar später als bei Acetylen. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass man von Acetylen nur den vierzehnten Teil an Gas gebraucht, den man zur Erzielung der gleichen Leuchtkraft im Schnittbrenner verbrauchen würde, und nur den dritten Teil desjenigen des Auerlichtes gleicher Leuchtkraft. Eine Explosion durch Gasausströmung bei versehentlich offen gelassenen Hähnen würde bei Acetylen also viel später eintreten; das Gleiche trifft bei Undichtheiten in der Anlage zu.

Anders liegt der Fall bei der Zersetzung des Carbids zu Acetylen. Sobald Acetylen eine Temperatur von über 780° C. erreicht, zerfällt es ohne jede andere Einwirkung unter Explosion in seine Bestandteile. Bis zu einem Druck von zwei Atmosphären ist Acetylen nicht explosiv. Steigt der Druck über zwei Atmosphären, so erfolgt in Gegewart eines glühenden Körpers Explosion des Acetylens. Nach den Untersuchungen Le Chateliers sind ferner beliebige, dem Volumen nach unbegrenzte Gemische von Acetylen und Luft entzündbar, d. h. sie pflanzen die Flamme durch die ganze Masse fort, falls sie an einem beliebigen Punkte angezündet werden, wenn ihr Acetylengehalt zwischen den folgenden Grenzen liegt:

	Prozente Acetylen gemischt mit O	mit Luft
Untere Entzündbarkeitsgrenze . . .	2,8 %	2,8 %
Obere Entzündbarkeitsgrenze . . .	93,0 »	65,0 »

In engen Röhren werden diese Grenzen mehr oder weniger zusammengezogen, je nach den lichten Weiten der Röhren. In Röhren von 0,5 *mm* lichter Weite vermag keines der brennbaren Acetylen-Luftgemische die Flamme fortzupflanzen. In Röhren von 1 *mm* ver-

mögen es nur die am meisten brennbaren. Folgende Tabelle fasst die wichtigsten beobachteten Resultate zusammen:

Lichte Weite der Röhren	Grenze	
	obere	untere
0,5 *mm*	—	—
0,8 »	7,7 %	10 %
5,0 »	5,0 »	15 »
4,0 »	4,5 »	25 »
6,0 »	4,0 »	40 »
20,0 »	3,5 »	55 »
30,0 »	3,1 »	62 »
60,0 »	2,9 »	64 »

Die Versuche wurden in einer 40 *mm* weiten Röhre ausgeführt, da frühere Versuche mit dem Grubengas lehrten, dass man in diesem Falle nur mit ganz geringen Abweichungen gegenüber den Geschwindigkeiten zu rechnen hat, welche in einem unbegrenzten Gasvolumen auftreten.

Für das Grenzgemisch von 2,9 % Acetylen beträgt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 0,1 *m* pro Sekunde; sie steigt sehr rasch bis zu einem 8 %igen Gemisch, bei welchem sie ca. 5 *m* beträgt, steigt weiter langsam bis zu einer 9 %igen Mischung — mit der maximalen Geschwindigkeit von 6 *m*, dann fällt sie sehr rasch bis zur Nähe von 22 % Acetylen, wo sie nur noch 0,4 *m* pro Sekunde beträgt und fällt endlich wieder langsam bis zum Grenzgemisch von ca. 64 %, dessen Fortpflanzungsgeschwindigkeit 0,05 *m* pro Sekunde beträgt. Die Form der Kurve, welcher diese Zahlen entsprechen, ist gänzlich verschieden von derjenigen anderer brennbarer Gase, welche früher untersucht wurden. Bei Grubengas z. B. bemerkt man die letzte, sehr langsame Änderungsperiode, welche der Kohlenstoffabscheidung beim Acetylen entspricht, gar nicht.

Das Maximum der Geschwindigkeit ist bei demjenigen Gemisch erhalten, welches einen Überschuss an brennbarem Gas im Verhältnis zum Sauerstoff enthält. Dieses Resultat ist denjenigen bei anderen brennbaren Gasen analog.

Man hat also zunächst darauf zu sehen, dass bei der Zersetzung von Carbid genügend Kühlung vorhanden ist, und ferner, dass hierbei ein Druck von weniger als zwei Atmosphären entwickelt wird. Die in Gebrauch befindlichen Acetylenapparate arbeiten fast alle mit bedeutend weniger wie einer Atmosphäre Druck, ja viele mit weniger wie $^1/_{100}$ Atmosphäre[1]) und die entwickelte

---

[1]) 1 Atmosphäre = 1 *kg* für den *qcm* = 735,51 *mm* Quecksilbersäule,
1 *mm* Quecksilbersäule = 13,59 *mm* Wassersäule,
1 *mm* Wassersäule = $\frac{1}{13,59}$ = 0,0736 *mm* Quecksilbersäule.

Temperatur in den Generatoren steigt selten über 100° C. Mithin ist bei diesen Apparaten jegliche Gefahr ausgeschlossen, natürlich vernünftige Behandlung nach den Anleitungsvorschriften vorausgesetzt. Vor der Benutzung von Apparaten, die mit höherem Druck wie höchstens $1^1/_2$ Atmosphären arbeiten, ist zu warnen, desgleichen vor solchen Apparaten, die bei der Gasentwickelung oder durch andere Umstände eine höhere Temperatur wie höchstens 150° C. hervorbringen.

Von grösster Bedeutung für die Frage der Explosibilität des Acetylens sind die umfassenden Arbeiten M. Berthêlots und Vieilles. Die Untersuchungen derselben bieten das erschöpfendste Material über den Explosivcharakter des Acetylens und die Resultate dieser Arbeiten können als eine Lösung der in der That »brennenden« Frage betrachtet werden, soweit nicht rein praktische Gesichtspunkte abweichende Anschauungen zeitigen. Berthelot und Vieille haben ihre Untersuchungen in den Berichten der Pariser Akademie ausführlich beschrieben. Hiernach kamen sie zu den folgenden Ergebnissen:[1])

I. Einfluss des Druckes auf das Acetylen. Das Acetylen pflanzt unter atmosphärischem und konstantem Drucke seine an einem Punkte eingesetzte Zersetzung nicht fort. Weder der elektrische Funken oder ein brennender Körper, noch selbst das Knallquecksilber sind imstande, eine Wirkung über die Region hinaus auszuüben, die direkt der Erhitzung oder dem Drucke ausgesetzt war. Maquenne und Dixon haben über diesen Punkt interessante Beobachtungen veröffentlicht. Anders ist es, wenn die Kondensation des Gases unter einem höherem Drucke als den von zwei Atmosphären fortgeschritten ist. Das Acetylen wird dann die gewöhnlichen Eigenschaften der explodierenden Mischungen zeigen. Wenn man seine Zersetzung an einem Punkte durch einfache Entzündung hervorruft (z. B. durch Glühendmachen eines Eisen- oder Platindrahtes oder mittels des elektrischen Stromes), so pflanzt sich diese Zersetzung durch die ganze Masse ohne nennenswerte Abschwächung fort. Dieses Phänomen wurde in Glasröhren von 20 *mm* Durchmesser auf Längen von 4 *m* beobachtet. Diese Eigentümlichkeit kann mit der niedriger liegenden Entzündungsgrenze der explodierenden Mischungen unter Druck in Verbindung stehen, ist aber wahrscheinlich allen endothermischen Gasen gemeinsam.

---

[1]) Compt. rend., 73, Heft 14 (15. Oktober 1896). — Annales de chimie et de physique, 7. Reihe, XI, 5, u. 5. Reihe, IV, 144. — Journal de l'eclairage au gaz, 52, 482. — Zeitschr. f. kompr. u. fl. Gase 1897, Heft 3. — Zeitschr. f. Beleuchtungsw. 1897, Heft 21, 22, 24. — Zeitschr. für Berg-, Hütten- u. Maschinenw. 1896, No. 48.

Zersetzung des gasförmigen Acetylens. Die nachstehende Tabelle enthält die Pressungen und die Dauer der Fortpflanzung zur Zeit der Entzündung durch einen sich mitten im Gase befindlichen glühenden Draht bei verschiedenen Anfangsdrucken:

Anfangsmessung per *qcm* in *kg*	Pressung nach der Reaktion in *kg*	Dauer der Reaktion in Tausendstelsekunden *ms* (p)	Verhältnis der Anfangs- u. Endpressungen
2,23	8,77	—	3,39
2,23	10,73	—	4,81
3,50	18,58	76,8	5,31
3,43	19,33	—	5,63
5,98	41,73	66,7	6,98
5,98	43,43	—	7,26
5,98	41,53	45,9	6,94
11,23	92,73	26,1	8,24
11,23	91,73	39,2	8,—
21,13	213,70	14,4	10,13
21,13	212,60	18,2	10,13

Die grösste Geschwindigkeit ist weit geringer, als die der Explosionswelle des Knallgases. Wenn man nach der Reaktion die mit einem Crusher-Manometer versehene stählerne Proberöhre öffnet, so findet man einen leichten schwammartigen Kohlenstoffkörper, den man als leichtzerbrechliche Masse herausnehmen kann. Das bei der Zersetzung übrigbleibende Gas ist reiner Wasserstoff. Die Entpressung ist nach dem Erkalten genau die gleiche der Anfangspressung. Die Zersetzung vollzieht sich also nach der theoretischen Gleichung $C_2 H_2 = C_2 + H_2$.

Die Tabelle zeigt ferner, dass bei einem Anfangsdruck von ca. 21 *kg*, die gleich der Hälfte der Spannung des gesättigten Dampfes des flüssigen Acetylens bei 20° Lufttemperatur ist, die Explosion diesen Druck verzehnfacht. Die im Augenblick der Zersetzung entwickelte Temperatur kann wie folgt ermittelt werden: Die beim Abscheiden des amorphen Kohlenstoffes freiwerdende Wärme beträgt 51,4 Kalorien. Die spezifische Wärme bei konstantem Volumen des Wasserstoffes H_2 für Temperaturen wird durch die Formel:

$$4{,}8 + 0{,}0016\,(t - 1600)$$

bestimmt. Nehmen wir für $C_2 = 24\,g$ den Wert $8{,}4 + 0{,}00144\,t$, so folgt daraus die Zersetzungstemperatur bei konstantem Drucke $t = 2750^0$, wobei die Abkühlung durch die Wände bei der hohen Spannung vernachlässigt werden kann. Bei geringerem Druck nimmt diese Abkühlung an der Erniedrigung der Temperatur teil,

bei denen die Schnelligkeit der Reaktionen eine schnell wechselnde Funktion ist. Bei der Zersetzung des Acetylens nimmt die Dauer in dem Maasse schnell ab, als der Druck grösser wird. Dieses hat seine Ursache nicht nur in dem kleineren Einflusse der Abkühlung, sondern hauptsächlich in der Kondensationswirkung. Es ist zu bemerken, dass das Verhältnis zwischen dem Anfangsdrucke und dem entwickelten nach den Gesetzen für vollkommene Gase berechnet ist. Dieses Verhältnis muss also über die vorausgesetzte Grenze mehr und mehr steigen, wenn der Anfangsdruck grösser wird, und zwar im Verhältnis der wachsenden Zusammendrückbarkeit des Gases; letztere lässt die Dichte schneller wachsen, als der Druck wächst, und zwar in dem Maasse, als sich das Gas seinem Flüssigkeitspunkte nähert. Das sind die von Berthelot, namentlich auf Grund seiner Versuche über die Ätherbildung, aufgestellten allgemeinen Relationen, die durch das flüssig gemachte Acetylen bestätigt werden.

Zersetzung des flüssigen Acetylens. Die Reaktion pflanzt sich in demselben gleich gut fort, selbst durch einfaches Anzünden mit einem glühend gemachten Metalldraht. In einer Stahlflasche von 48,96 *cbm* Inhalt, in welcher 18 *g* flüssiges Acetylen enthalten waren, ergab sich der bedeutende Druck von 5464 *kg* per *qcm*. Durch diesen Versuch wurde dargethan, dass das Acetylen eine Explosionskraft von 9500 entwickelt, welche der der Schiessbaumwolle beinahe gleichkommt. Die Flasche enthielt ein Stück Kohle von glänzendem, muscheligem Bruche, welches sich durch den Druck gebildet hatte. Nach der Untersuchung von Moissan bestand dieses Stück aus reinem Kohlenstoff mit Spuren von Graphit. Die Zersetzung des flüssigen Acetylens durch einfaches Anzünden erfolgt verhältnismässig langsam. Bei einem Versuche, wo die Dichtigkeit der Ladung nahezu 0,15 betrug, wurde der Maximaldruck von 1500 *kg* per *qcm* in 9,41 Tausendstel Sekunden erreicht. Die auf einem Registriercylinder erhaltene Linie zeigte ein statisches Funktionieren des Apparates von Crusher in zwei bestimmten Phasen, von denen die eine $^1/_{1000}$ Sekunde (1,17 *ms*) dauerte, bei einem Drucke von 553 *kg*; die zweite, langsamere, ergab nach 9,41 *ms* im ganzen einen Druck von 1500 *kg*. Von diesen zwei Phasen entspricht die eine wahrscheinlich der Zersetzung des gasförmigen Teiles, die andere der des flüssigen Teiles des Acetylens.

Berthelot und Vieille fanden dieselben charakteristischen Unterbrechungen in mehreren Linien, welche von der Zersetzung von Gemengen von Gasen und flüssigen Gasen herrührten.

Aus vorstehendem geht hervor, dass jedesmal, wenn eine gewisse Menge gasförmigen oder flüssigen Acetylens »unter Druck«, und besonders bei konstantem Volumen, einer Handlung unterworfen

wird, welche eine Zersetzung an einem Punkte herbeiführt, in deren Folge eine Temperaturerhöhung stattfindet, sich die Reaktion in der ganzen Menge verbreiten kann. Es ist jetzt noch zu untersuchen, unter welchen Umständen diese Zersetzung hervorgerufen werden kann.

II. Stosswirkungen. Man unterwarf die Stahlgefässe dem Stosse, indem man sie entweder aus grösserer Höhe frei fallen liess oder sie durch einen Rammbär zerschlug. Diese Gefässe hatten ungefähr einen Liter Inhalt und waren einesteils mit gasförmigem Acetylen von 10 Atmosphären Spannung, anderenteils mit 300 *g* flüssigem von 0,3 Dichtigkeit gefüllt.

1. Das wiederholte Fallenlassen der Gefässe aus einer Höhe von 6 *m* auf einen schweren Stahlambos führte keine Explosion herbei.

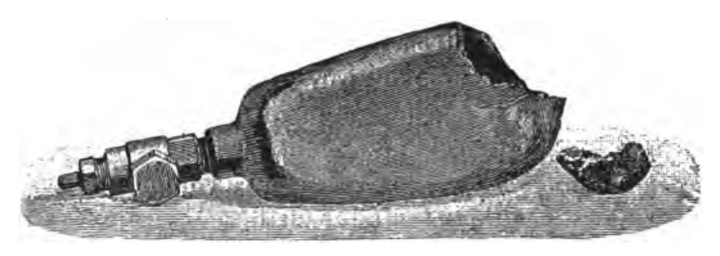


Fig. 230.

2. Das Zerschlagen derselben Gefässe durch einen Rammbär von 280 *kg* Gewicht, der 6 *m* hoch herabfiel, verursachte weder Explosion noch Entzündung bei dem Acetylen von 10 Atmosphären Spannung.

Was das flüssige Acetylen betrifft, so folgte bei dem Versuche kurz nach dem Stosse eine schwache Explosion. Diese rührte aber nicht von dem reinen Acetylen her, sondern von der Entzündung eines Gemisches von diesem mit Luft, welches sich in dem Momente des Bruches bildete, und die ohne Zweifel durch Funken hervorgerufen wurde, die dabei entstanden. Dieses folgte auch aus der Untersuchung des Gefässes, aus welchem nur ein Stück herausgebrochen war (Fig. 230) und das im Innern keine Spur von Kohlenablagerung zeigte, woraus folgt, dass keine Zersetzung, sondern nur eine einfache Verbrennung in der atmosphärischen Luft stattgefunden hatte. Ähnliche Entzündungen infolge des gewaltsamen Bruches eines mit brennbarem Gase gefüllten Gefässes wurden schon öfters beobachtet, und zwar namentlich bei auf mehrere hundert Atmosphären komprimiertem Wasserstoffgase.

3. Eine Flasche aus Schmiedeeisen, gefült mit Acetylen von 10 Atmosphären Spannung, hielt ohne Explosion den Stoss eines

Geschosses aus, welches hinreichende Geschwindigkeit hatte, um eine Gefässwand zu durchbohren und die entgegengesetzte auszubeulen.

4. Detonation durch ein Zündhütchen. Eine mit flüssigem Acetylen gefüllte Flasche wurde mit einem Röhrchen versehen, durch welches man ein Zündhütchen mit 1,5 *g* Knallquecksilber in die Mitte der Flüssigkeit brachte. Bei der Entzündung des letzteren explodierte das Acetylen mit grosser Heftigkeit. Der Bruch der Flasche hatte den Charakter, wie man ihn bei den eigentlichen Sprengstoffen findet (Fig. 231). Die Bruchstücke zeigten sich mit von der Zersetzung des Acetylens herrührenden Kohlenstoff bedeckt.

III. Wirkungen der Wärme. Die Darstellung sowohl wie die Anwendung des Acetylens können lokale Temperaturerhöhungen mit sich bringen.

1. Eine solche resultiert öfters aus der Einwirkung einer kleinen Menge Wasser auf Calciumcarbid im Überschuss, namentlich in ge-

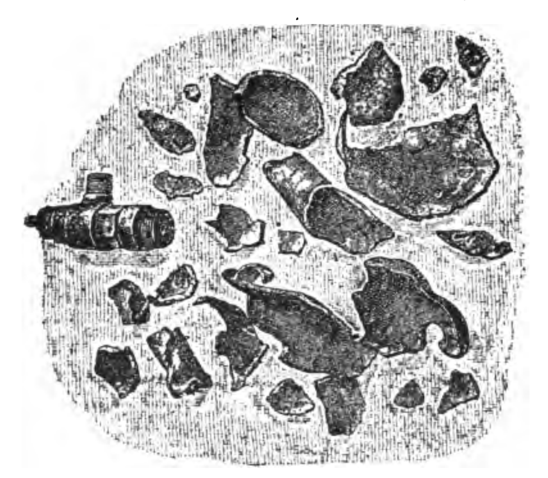


Fig. 231.

schlossenen Gefässen, wie Pictet einen derartigen Fall anführt. Es ist also eine solche Reaktion stets zu fürchten, besonders da die Masse dadurch an einzelnen Punkten bis zum Glühen erhitzt werden kann und dieses hinreichend ist, eine Explosion des komprimierten Gases herbeizuführen. Die lokale Temperaturerhöhung kann auch nach und nach einwirken, indem sich aus dem Acetylen, Styrolon u. s. w. bildet, wodurch wieder Wärme frei wird und die Temperatur derart steigen kann, dass unter gewissen Bedingungen eine selbst explosive Zersetzung des Acetylens erfolgt.

2. Andere Ursachen von Gefahren bei den industriellen Operationen können entstehen durch die plötzliche Komprimierung beim Füllen der Gasbehälter, sowie durch die adiabatischen Kompressionen

bei plötzlicher Verbindung eines Acetylenbehälters mit einem Druckregulator oder irgend einem anderen Gefässe von kleinem Inhalte. Schon bei einem mit flüssiger Kohlensäure gefüllten Cylinder machte man die Erfahrung, dass bei plötzlicher Öffnung des Hahnes in dem Druckregulator sich eine solche Wärme entwickelte, dass in demselben befindliche Holzspäne verkohlten. Beim Acetylen können derartige Temperaturerhöhungen eine lokale Zersetzung herbeiführen, welche sich nach rückwärts in das unter Druck gehaltene Gas fortpflanzen kann.

3. Ein starker Stoss, der imstande ist, ein Gefäss zu zertrümmern, kann direkt keine Explosion herbeiführen. Aber die Reibung der metallenen Bruchstücke aneinander oder an anderen Gegenständen kann das explosive Gasgemisch entzünden, welches sich beim Bruche aus dem Acetylen und der atmosphärischen Luft gebildet hat.

Hiernach haben Berthelot und Vieille gezeigt, dass das Acetylen die in einem seiner Punkte hervorgerufene Zersetzung unter normalem Druck nicht fortpflanzt; unter hohem Druck aber, und zwar von dem Doppelten des normalen Druckes an, nimmt es die Eigenschaften der gebräuchlichen explosiven Gemische an.

Unter einem und demselben Druck hängt diese Geneigtheit zur Fortpflanzung von der Art der Erregung und den äusseren Abkühlungseinflüssen ab. Zwischen den Bedingungen, unter denen die Explosion sich ganz sicherlich vollzieht, und denjenigen, unter denen ihr Eintreten keine merkliche Wahrscheinlichkeit hat, besteht ein Intervall, das der Art des Ingangsetzens der meisten Maschinen und Reaktionen entspricht. Dieses Intervall wollen wir zu bestimmen suchen. Angesichts der praktischen Anwendungen, die gegenwärtig zur Untersuchung stehen, ist es in der That nützlich erschienen, die Grenzwerte der Drucke, von denen an die explosiven Eigenschaften des Acetylens eine gefährliche Wichtigkeit anzunehmen fähig sind, genau zu bestimmen.

Berthelot und Vieille haben zwei Erregungsarten untersucht: 1. Erregung durch einen glühenden Metalldraht; 2. Erregung durch einen Zünder aus Knallquecksilber.

Die erste Art würde in der Praxis der intensiven und lokalen Erwärmung entsprechen, wie sie durch den Angriff kleiner Quantitäten Wassers gegen eine grosse Menge Carbid oder durch energische Reibung zwischen Metallstücken in Berührung mit dem Gase hervorgerufen werden kann.

Die zweite Erregungsart kann durch die Entzündung kleiner Quantitäten sehr explosibler Acetylen - Verbindungen verwirklicht werden, mit denen sich z. B. bei Berührung mit Acetylen Stücke aus Kupfer oder seinen Legierungen bedecken, sobald Ammoniak

oder seine Salze, oder auch verschiedene andere Salzverbindungen Gelegenheit haben, dazu zu treten.

Um den Einfluss der Abkühlung auf die Erscheinungen des Fortschreitens evident zu machen, ist mit Gasmassen experimentiert worden, die sich bald in Gefässen von merklich gleichem Durchmesser und Höhe befanden, deren Rauminhalt von 4 *l* bis zu 25 *l* variierte, bald in Metallröhren von 22 *mm* Durchmesser und 3 *m* Länge eingeschlossen waren, in denen der Einfluss der Abkühlungsflächen beträchtlich war.

Die folgenden Tafeln fassen die beobachteten Resultate zusammen. — Für jeden Versuch stellte man in dem Rezipienten ein Vakuum her und liess dann das Acetylen aus einer Metallflasche, in der es sich in verflüssigtem Zustande befand, eintreten; dann wurde das Vakuum zum zweiten Male hergestellt, und ein erneutes Einlassen von Gas gestattete einen Druck herzustellen, der diesmal an einem Quecksilbermanometer gemessen wurde. Die Erregung wurde nacheinander durch eine doppelte Zündvorrichtung hervorgerufen, die einmal aus einer Metallwindung bestand, die zum Glühen gebracht wurde, und dann aus einer Amorce, die in die Mitte des Raumes gelegt wurde.

Anfänglicher Druck des Gases in *cm* Quecksilber	Entzündung	
	durch einen glühenden Draht im Centrum des Rezipienten	durch eine Ladung von 0,1 *g* Knallquecksilber, die ins Centrum des Rezipienten gebracht wird
	Stahl-Rezipient von 4 Litern	
76+17		10 Versuche, ohne Fortschreiten
76+24	1 Versuch, keine Entzündung	4 Versuche, 1 Entzündung
76+30,5	1 Versuch, keine Entzündung	3 Versuche, 2 Entzündungen
76+38	4 Versuche, keine Entzündung	3 Versuche, 2 Entzündungen
76+46	4 Versuche, keine Entzündung 2 Eisendrähte, 2 Platindrähte	
76+52	6 Versuche, keine Entzündung	
76+61	5 Versuche, 1 Entzündung	
76+70	7 Versuche, 4 Entzündungen	
	Glasflasche von 25 Litern	
76		1 Versuch, keine Entzündung
76+7,5	3 Versuche, keine Entzündung	2 Versuche, keine Entzündung
76+10,5		1 Versuch, keine Entzündung
76+16,8	1 Versuch, keine Entzündung	1 Versuch, keine Entzündung
76+24	2 Versuche, keine Entzündung	2 Versuche, keine Entzündung
76+38		1 Versuch, Entzündung und Sprengen der Rezipienten.

Diese Versuche zeigen, dass es für eine bestimmte Erregungsart nicht möglich ist, einen absolut festen kritischen Druck zu bestimmen, unterhalb dessen die Fortpflanzung unmöglich wäre, während sie oberhalb desselben sicherlich eintreten würde.

Der Übergang geschieht allmählich, gemäss einer Stufenfolge der Drucke, denen wachsende Explosionswahrscheinlichkeiten entsprechen.

Diese Thatsache ist übrigens nicht speziell dem Acetylen eigentümlich. Bei allen Explosivstoffen, ob sie nun durch einen Stoss oder eine andere Einwirkung explodieren, zeigen die Ausbreitungserscheinungen denselben Charakter, und die Bedingungen, welche eine Explosion sicher verbürgen, sind immer weit getrennt von denjenigen, die sicher eine Unempfindlichkeit verbürgen; in dem Intervall existieren gefährliche Zonen, in denen man nur die Wahrscheinlichkeit der Explosion bestimmen kann.

In dem Fall, der uns beschäftigt, führt das Gesetz der schnellen Abnahme dieser Wahrscheinlichkeit dazu, einen Überdruck von 52 *cm* Quecksilber (7 *m* Wasser) für wahrscheinlich ungefährlich zu halten, wenn die Entzündung durch einen Entflammungspunkt hervorgerufen wird, und einen Überdruck von 17 *cm* Quecksilber (2,30 *m* Wasser), wenn die Entzündung durch eine Amorce veranlasst wird. Die eine Erregungsart ist hier also dreimal so wirksam als die andere.

Die in der Flasche von 25 *l* ausgeführten Versuche haben einen deutlich zu schätzenden Einfluss des Rauminhaltes des Rezipienten nicht ergeben.

Die Entzündung lässt bei allen Drucken reichliche Kohleflocken von ausserordentlicher Feinheit entstehen, die die Wände des Rezipienten überziehen und ihn zum Teil anfüllen. Gleichzeitig wird der Metallrezipient heiss. Wenn die Entzündung sich nicht ausbreitet, beobachtet man nur Rauch, der sich in der Form eines leichten durchscheinenden Nebels niederschlägt, was jedoch nur in den Glasrezipienten sichtbar ist.

Schliesslich ist noch zu beachten, dass das Gewicht der Amorce bei diesen Versuchen gering genug gewählt worden war, sodass sie nicht die Gewissheit einer heftigen Anfangserregung bot und den allgemeinen Druck des Rezipienten merklich modifizierte.

F o r t p f l a n z u n g i n d e n M e t a l l r ö h r e n. Es war schwer, den Einfluss vorherzusehen, den die Röhrenform des Rezipienten auf die Verbreitung ausüben würde. Wenn man im Fall der Erregung durch einen glühenden Draht annehmen musste, dass die Abkühlung eine Tendenz hätte, sich der Verbreitung entgegenzusetzen, so hätte man im Gegenteil denken sollen, dass der Einfluss der Amorce im Verhältnis der energischen lokalen Drucke, die in dem durch die Ladung verminderten Raum entwickelt wurden, gewachsen sein würde.

Die Versuche sind in einer Stahlröhre von 22 *mm* Durchmesser und 3 *m* Länge ausgeführt worden, die an einem Ende durch einen Metallstöpsel, am andern durch eine starke Glasglocke, die in ihrer Fassung verkittet war, verschlossen wurde. Diese Versuche haben nur negative Ergebnisse bei anfänglichen Überdrucken von 76 *cm* Quecksilber gehabt, also bei dreimal höheren Drucken, als diejenigen sind, bei denen in Räumen von gleicher Grössenordnung, deren Breite aber beträchtlich war, die Ausbreitung beobachtet werden konnte.

Der Rauminhalt der benutzten Röhre betrug etwa einen Liter, und die ersten Versuche wurden mit einer Amorcenladung von 0,025 *g* ausgeführt, sodass also das Verhältnis der Amorcenladung zum Gesamtvolumen ebenso blieb, wie es bei den in einem Rezipienten von 4 *l* ausgeführten Versuchen gewesen war. Da eine Ausbreitung sich nicht zeigte, wurde dann trotz des kleineren Volumens der Röhre dieselbe vorher benutzte Amorce von 0,1 *g* angewandt. Auch diesmal wurde bei Überdrucken, die eine Atmosphäre nicht überschritten, also bei absoluten Drucken von 2,06 *kg* pro Quadratcentimeter, irgend eine Ausbreitung nicht beobachtet. Die Explosion der Amorce, ob sie nun an einem Ende der Röhre oder in einer Entfernung von 30 *cm* bewirkt wurde, hat nur einen leichten Kohlennebel in ihrer unmittelbaren Nachbarschaft hervorgebracht. Die Resultate dieser Versuche stehen in der folgenden Tafel:

Stahlröhre von 22 *mm* Durchmesser und 2,89 *m* Länge.
Rauminhalt: 1,098 Liter.

Anfänglicher Druck *cm*	Entzündung *g*		Beobachtungen
76 + 17	0,025 Knallquecksilber		1 Versuch, keine Ausbreitung Kohlennebel am Stöpsel
76 + 30,5	0,025 Knallquecksilber		1 Versuch, keine Ausbreitung Kohlennebel am Stöpsel
76 + 38	0,025 Knallquecksilber		1 Versuch, keine Ausbreitung Kohlennebel am Stöpsel
76 + 24	0,1	Amorce in die Nähe des Endes gebracht	1 Versuch, keine Ausbreitung Kohlennebel am Stöpsel
76 + 38,8	0,1		1 Versuch, keine Ausbreitung Kohlennebel am Stöpsel
76 + 61	0,1		1 Versuch, keine Ausbreitung Kohlennebel am Stöpsel
76 + 76	0,1		1 Versuch, keine Ausbreitung Kohlennebel am Stöpsel
76 + 38	0,1	Amorce 30 *cm* vom Ende	1 Versuch
76 + 76	0,1		3 Versuche, keine Ausbreitung Kohlennebel am Stöpsel

In den drei letzten Versuchen war die Entzündung durch einen rotglühenden Draht unter einem Druck von 76 *cm* zuerst ohne Resultat versucht worden.

Die explosiven Eigenschaften der Lösungen des Acetylens untersuchten Berthelot und Vieille im besonderen, und zwar wurden sie hierzu durch die in industriellen Kreisen viel erörterte Mischung des Acetylens mit Aceton bestimmt, die Claude und Hess zusammenstellten. Berthelot und Vieille kamen nun zu nachstehenden Resultaten:

I. Spannungen des gelösten Acetylens. Die folgende Tabelle giebt die in einem Rezipienten von 824 *cbm* entwickelten Spannungen pro Quadratcentimeter, wenn er 301 *g* (376 *cbm*) resp. 315 *g* (394 *cbm*) Aceton enthält, das bei einer Temperatur von 15° und unter Anfangsdrucken von ungefähr 7 *kg* (1. Reihe), 12,5 *kg* (2. Reihe), 20,5 *kg* (3. Reihe) gesättigt ist.

Lässt man die Temperatur allmählich ansteigen, so ergeben sich folgende Beobachtungsresultate:

Erste Reihe		Zweite Reihe		Dritte Reihe	
Temperatur Grad	Absoluter Druck *kg*	Temperatur Grad	Absoluter Druck *kg*	Temperatur Grad	Absoluter Druck *kg*
7,8	5,60	6,4	10,34	2,8	16,17
14,0	6,74	14,0	12,25	13,0	19,98
26,3	8,70	19,9	14,16	19,9	23,63
35,7	10,55	36,0	19,46	25,0	24,76
50,1	13,94	(50,5)	(22,64)	36,0	30,49
59,6	16,30	(60,1)	(28,56)	(50,5)	(33,21)
74,5	20,52	»	»	»	»
Gewicht des Acetons 301 *g*		Gewicht des Acetons 315 *g*		Gewicht des Acetons 315 *g*	
Gewicht des Acetylens 69 *g*		Gewicht des Acetylens 118 *g*		Gewicht des Acetylens 203 *g*	

Beobachtungen. Die normalen Spannungen stellen sich bei jeder Temperatur nur durch energisches Schütteln des Rezipienten her. Dieser Grenzzustand scheint bei den höchsten Temperaturen der zweiten und dritten Reihe (die eingeklammerten Zahlen) nicht vollständig erreicht gewesen zu sein.

Beachten wir zunächst, dass das Volumen des gelösten Acetylens pro Liter Aceton und pro Kilogramm absoluten Druck (P) bei 10° in diesen drei Beobachtungsreihen ungefähr von 23—24,6 Volumen variiert hat; das macht ungefähr 28 $g \times$ P für einen anfänglichen Liter Aceton oder 35 $g \times$ P für 1 *kg* Aceton aus, der höchste Koëffizient, der der Maximalspannung entspricht.

Diese Zahlen lassen deutlich eine schon von Claude und Hess[1]) angegebene Thatsache erkennen, dass nämlich das gelöste Volumen

[1]) Compt. rend., 74, 626.

dem Drucke ungefähr proportional wächst, wenigstens zwischen den Grenzen 0° und 35°; sie führen aber auch zu Konsequenzen allgemeiner Art von hohem theoretischen Interesse.

Die Zahlen der ersten Reihe, die am weitesten ausgedehnt ist, werden sehr genau durch eine einfache Formel mit drei Konstanten dargestellt, dieselbe, die Faraday zur Herstellung der Spannungen des gesättigten Dampfes einer grossen Anzahl flüchtiger Stoffe benutzt hat,

$$\log F = a + b \alpha t,$$

wo F in Millimetern Quecksilber ausgewertet ist; für vorliegenden Fall genügt es,

$$a = 5{,}1134$$
$$b = 1{,}3218$$
$$\log \alpha = 0{,}99696 - 1$$

zu setzen.

Speziell für Aceton sind die von Regnault angegebenen Werte:

$$\left.\begin{aligned} a^1 &= 5{,}15169 \\ b^1 &= -2{,}85634 \\ \log \alpha^1 &= 9{,}997 - 1 \end{aligned}\right\} t = T - 23.$$

Diese letzten Zahlen sind nur als Beispiel citiert; denn die Spannungen, die bei diesen Versuchen dem Lösungsmittel, also dem Aceton, zuzuschreiben sind, bilden nur einen kleinen Bruchteil der gesamten Spannung. In der ersten Reihe, wo das Quantum Aceton am bedeutendsten ist, beträgt sie bei 36° nur 4,2 Hundertstel, bei 50° 5,8 Hundertstel, bei 75° 12 Hundertstel.

In der zweiten Reihe, wo das relative Quantum des gelösten Stoffes ungefähr das Doppelte beträgt, ist die Spannung des Acetons von der gesamten Spannung bei 36° 2,4 Hundertstel, bei 50° 3,6 Hundertstel.

In der dritten Reihe, wo das relative Quantum des gelösten Stoffes verdreifacht ist, beträgt die Spannung des Acetons von der Gesamtspannung bei 36° 1,5 Hundertstel, bei 50° 2,4 Hundertstel.

Man erkennt also, dass die beobachteten Spannungen fast ganz dem Acetylen zuzuschreiben sind; man muss diesen Umstand scharf hervorheben, um das Spannungsgesetz eines in einer Flüssigkeit unter verschiedenen Drucken gelösten Gases festzustellen. Es ist sehr bemerkenswert, zu erkennen, dass die Lösungsdrucke demselben allgemeinen Gesetz gehorchen wie die Spannungen der gesättigten Dämpfe einer homogenen Flüssigkeit. — In der That finden wir unter diesen Umständen für log α den Wert 0,997 — 1 wieder, der von Regnault als eine allen Körpern gemeinsame Konstante angegeben wurde.

II. Geneigtheit des gelösten Acetylens zur Verpuffung. Eine Metallflasche von 700 *cbcm* Inhalt, die 320 *g* Aceton enthielt, war mit 132 *g* Acetylen versehen, also mit 41,25 Gewichtsteilen für 100 Gewichtsteile Aceton; das Ganze steht unter einem Druck von etwa 13 *kg* und hat die Temperatur von 15°.

Die Flasche war an ihrem unteren Teile mit einem dünnen Metallrohre versehen, das in die Flüssigkeit hineinragte und einen starken Zünder von 1,5 *g* aufnehmen konnte. — Bei der Explosion dieses Zünders entstand nur ein harter Ton, der von einem Entweichen von Gas, jedoch ohne Explosion und Entzündung, begleitet war. Die Zündröhre war jedoch durch die Wirkung des Explosivstoffes zu Pulver zersprengt und die Flasche hatte durch die Gewalt des Stosses der gegen die Wand geschleuderten Flüssigkeit Risse bekommen. Wir erinnern uns, dass bei einem ähnlichen, früher beschriebenen Versuche mit flüssigem Acetylen die eiserne Flasche in kleine Stücke zersprengt worden war.

Der Explosivstoss des Zünders auf das gelöste Acetylen hat also unter diesen Bedingungen seine Explosion nicht veranlasst. In dieser Hinsicht hat es sich verhalten wie in Methylalkohol gelöstes Nitroglycerin gelegentlich der Versuche, die man früher anstellte, um die explosiven Eigenschaften dieser furchtbaren Substanz abzuschwächen. — Aber die Stabilität einer ähnlichen Flüssigkeit ist nur bis zu einem bestimmten relativen Verhältnis der explosiven Verbindung sicher gewährleistet. In der That werden wir weiter unten zeigen, dass eine Lösung, die 64 Gewichtsteile Acetylen auf 100 Gewichtsteile Aceton enthält, unter einem anfänglichen Drucke von 20 *kg* bei einer Temperatur von 13° durch einfache Entzündung explodiert.

III. Entzündungsgeneigtheit der gesättigten Atmosphäre in Berührung mit den Acetylenlösungen, sowie der kokaistierenden Lösung. Ein stählernes Probiergefässchen von 50 *cbcm* Rauminhalt, das mit selbstregistrierenden Manometern versehen war, wurde mit einer Gewichtsmenge Aceton gefüllt, die in einer ersten Versuchsreihe 56% und in einer zweiten 33% dieses Raumes füllte. Das Aceton war bei gewöhnlicher Temperatur unter Drucken von 10 *kg* resp. 20 *kg* pro Quadratcentimeter mit Acetylen gesättigt.

Die innere Entzündung wurde durch einen feinen Platin- oder Eisendraht hervorgerufen, der zum Glühen gebracht und bald ins Aceton, bald in die darüber lagernde gasförmige Atmosphäre eingetaucht gehalten wurde. Unter diesen Bedingungen wurde die explosive Entzündung des gasförmigen Acetylens immer erhalten, die des gelösten Acetylens nur bisweilen, wie es noch näher erläutert werden soll.

Nach dem Werte des anfänglichen Druckes und der Art der Entzündung muss man verschiedene Fälle unterscheiden:

1. Wenn der anfängliche Druck 10 *kg* nicht übersteigt und die Entzündung durch einen rotglühenden Metalldraht im Innern der gasförmigen Atmosphäre hervorgerufen wird, so unterscheiden sich

die beobachteten Drucke nicht von denen, die der Verbrennung des reinen Acetylens unter demselben Druck entsprechen. Man kann daraus schliessen, dass das im Aceton gelöste Acetylen der Zersetzung völlig entzogen ist: dieselbe hat sich nicht ins Innere der Flüssigkeit hinein fortgepflanzt.

2. Wenn bei denselben anfänglichen Drucken von 10 *kg* die Entzündung im Innern des Acetons hervorgerufen wird, wozu ein stärkeres Glühen des Platinfadens nötig ist, so entweicht ein Teil des gelösten Acetylens zufolge der Erwärmung aus der Lösung und die erzeugten Drucke steigen merklich über die Normaldrucke, die der explosiven Zersetzung des gasigen Acetylens, betrachtet unter seiner anfänglichen Spannung vor dieser Erwärmung, entsprechen. Aber die Zersetzung scheint auf das aus der Lösung entwichene Gas beschränkt; in der That überragten die hervorgebrachten Drucke nicht das Doppelte desjenigen Druckes, der im Innern des bei einer anfänglichen Spannung genommenen Gases hergebracht sein würde.

Nach diesen Beobachtungen ist das unter einem anfänglichen Druck von 10 *kg* gelöste Acetylen der Verbrennung fast gänzlich entzogen. Auch sind die beobachteten Maximalspannungen etwa zehnmal geringer gewesen, als diejenigen, die der explosiven Zersetzung des ganzen in dem Gefäss sowohl gasförmig als gelöst enthaltenen Acetylens entsprechen würden.

3. Anders verhält es sich, wenn das Verhältnis zwischen der Menge des gelösten Acetylens und der des Acetons zufolge einer bei anfänglichen Drucken, die merklich höher als 10 *kg* sind, erfolgten Sättigung gewachsen ist. Unter diesen Bedingungen nimmt die Lösung an der Zersetzung der gasförmigen Atmosphäre teil, und man kommt zu einer Explosivwirkung, die derjenigen des reinen flüssigen Acetylens analog ist. Folgendes sind die beobachteten Resultate, wenn man mit einem anfänglichen Druck von 20 *kg* bei gewöhnlicher Temperatur operierte:

Das Stahlgefäss von 50 *cbcm* war bis zum dritten Teile mit reinem Aceton gefüllt, dann wurde die Flüssigkeit mit Acetylen gesättigt. — Die Entzündung wurde zuerst mit Hilfe eines glühenden Platindrahtes im Innern der gasförmigen Atmosphäre hervorgerufen. — Es entstanden Drucke, die zuweilen das Doppelte von demjenigen betrugen, der bei dem reinen Gas, falls es sich unter demselben anfänglichen Drucke zersetzte, entwickelt worden wäre; anstatt 212 *kg*, die man mit reinem Gas erhält, erhielt man bei zwei Versuchen 303 *kg* und 558 *kg*.

4. Wenn der Anfangsdruck über 20 *kg* beträgt, so ist das Verhalten ein ganz anderes, so wie man die Entzündung im Innern des

Acetons (hierbei wird die Bombe vertikal gehalten) oder an der Oberfläche der Flüssigkeit (hierbei wird die Bombe horizontal gehalten) hervorruft. — Unter diesen Bedingungen haben drei Versuche Drucke von mehreren Tausend Atmosphären geliefert, das heisst also, dass auch das gelöste Acetylen an der Explosion teil genommen hat. Diese Explosion ist von sehr bemerkenswerten Umständen begleitet. Wir wollen etwas eingehender ihren Gang und ihre Resultate prüfen.

In dem letzten Versuche geschah die Selbstregistrierung des Verbrennungsgesetzes mittels eines rotierenden Cylinders. Die erreichte Maximalspannung betrug 5100 *kg* pro Quadratcentimeter. Nun zeigt die Registrierung, dass der entwickelte Druck von einer relativ langsamen, merklich gleichförmigen Reaktion herrührt, die in etwa 0,7 Sekunden beendet ist, genauer in 0,3871 Sekunden. Die Zeit ist für eine explosive Reaktion relativ sehr gross; sie erinnert an die Verbrennungsdauer von Schiesspulver.

Um ein gegenteiliges Beispiel zu citieren, so würde die Explosionswelle, die durch die Verpuffung des Gemisches aus Acetylen und Sauerstoff ($C_2 H_2 \times O_2$) hervorgerufen wird, die Länge desselben Gefässes in $^1/_{22500}$ Sekunde durcheilen; ihre Geschwindigkeit ist also 9000mal grösser. Bei der vorher beschriebenen Zersetzung des Acetylens zieht sich die Linie über mehrere Windungen des Cylinders hin, und der Druck steigt mit einer mittleren Geschwindigkeit, die einem Anwachsen um 18 *t* entsprechen würde. In Wahrheit ist die Entwickelungsgeschwindigkeit des Druckes zuerst viel grösser gewesen, indem sie einer Zunahme um 114 *t* pro Sekunde entsprach; aber das Anwachsen ist nach $^1/_{50}$ Sekunde auf 22,5 *t* gefallen, um sich während der weiteren Zeit, die 20mal länger ist als die hauptsächliche Dauer der Verbrennung, zwischen Geschwindigkeiten zu halten, die 10—12 *t* pro Sekunde entsprechen.

Die chemischen Erscheinungen sind besonders wichtig. In der That ist nicht nur das Acetylen zersetzt; auch das Aceton, das es gelöst enthielt, ist gleichzeitig zerstört. Man findet nach der explosiven Zersetzung keine Spur mehr davon in dem Gefässe.

Die entstandenen Gase bestehen aus Wasserstoff und Kohlenoxyd, gemischt mit Kohlensäure. Das Aceton ist, wie gesagt, vollständig zersetzt, ein Resultat, das, wie wir noch in einer besonderen Notiz zeigen werden, für die chemische Mechanik ausserordentlich interessant ist.

Die umstehende Tafel giebt die Beobachtungsresultate:

Cylindrische Bombe von 50 *cbcm*, 22 *mm* Durchmesser, 120 *mm* Länge.

Sättigungsdruck 10 *kg*

Verhältnis des Acetonvolumens zum Rauminhalt des Gefässes	Beobachtete Drucke in Kilogramm pro Quadratcentimeter	Beobachtungen
0,56	88,1	Bombe vertikal.
	89,5	Entzündung im Gas.
	142,4	Bombe horizontal, Entzündung an der Oberfläche des Acetons.
	133,0	
	155,4	Bombe vertikal, Entzündung im Gas.
	141,0	
0,33	95,0	Bombe vertikal, Entzündung im Gas.
	117,4	Bombe horizontal, Entzündung an der Oberfläche des Acetons.
	106,9	
	115,0	Bombe vertikal, Entzündung im Aceton.

Sättigungsdruck 20 *kg*

Verhältnis des Acetonvolumens zum Rauminhalt des Gefässes	Beobachtete Drucke in Kilogramm pro Quadratcentimeter	Beobachtungen
0,35	303	Bombe vertikal, Entzündung im Gas.
	558	
	2000	Bombe vertikal, Entzündung im Aceton.
	2000	Bombe horizontal, Entzündung an der Oberfläche des Acetons.
	5100	

Es schien nützlich, die in kleinen Rezipienten erhaltenen Resultate durch Versuche in Reservoiren zu kontrollieren, deren Dimensionen denen, die in der Praxis verwendet werden können, analog sind.

In eine grosse eiserne Flasche von 13,5 *l* Rauminhalt, wie man sie als Rezipient für flüssige Kohlensäure benutzt, wurden 7 *l* Aceton gefüllt. Dieses wurde mit Acetylen gesättigt, und zwar unter Drucken, die in einem ersten Versuche etwa 6 *kg* erreichten und in einem zweiten Versuch 8,2 *kg* (Gewicht des gelösten Acetylens 1170 *g*). Man hat sich also hier in den Grenzen gehalten, in denen die gasige Atmosphäre allein mit Ausschluss des gelösten Acetylens fähig ist, zu explodieren.

Das Feuer wurde an den oberen Teil der vertikal gehaltenen Flasche mittels eines zum Glühen gebrachten Metalldrahtes gebracht.

Die Entzündung gab in beiden Versuchen nicht zu einem Entweichen durch den Verschluss Anlass. In der oberen Hälfte ihrer Höhe, d. h. in demjenigen Teile, der das gasförmige Acetylen enthielt, wurde die Flasche im Handumdrehen heiss, während sie im unteren Teile, in dem sich das mit Acetylen gesättigte Aceton befand, kalt blieb. Sie hat in der Folge noch zu Beleuchtungsversuchen, die mit dem unzersetzten Acetylen ausgeführt wurden, dienen können. Als man sie später öffnete, um sie zu entleeren, fand man in ihr

einen reichlichen Kohlenniederschlag, der als sehr feines Pulver im Aceton eingerührt war und, nachdem es ruhig gestanden, einen Raum von offensichtlich mehreren Litern einnahm. Dieser Versuch zeigt, dass im Handel befindliche Rezipienten ähnlicher Art (geaicht bis zu 250 Atmosphären) bei Temperaturen der Umgebung von 10—15° die Drucke, die bei einer zufälligen inneren Entzündung der gasförmigen Atmosphäre entstehen, welche über den bei anfänglichen Drucken von 6—8 *kg* mit Acetylen gesättigten Acetonlösungen schwebt, ertragen können, ohne zu reissen. Dieses Resultat erklärt sich daraus, dass bei den vorhergehenden Versuchen, die unter einem anfänglichen Drucke von weniger als 10 *kg* ausgeführt waren, der entwickelte Druck 155 *kg* nicht überschritten hat, während die benutzte eiserne Flasche unter einem fast doppelt so hohen Drucke geprüft war. Aber diese relative Sicherheit würde aufhören, wenn der Anfangsdruck merklich über 10 *kg* stiege. In der That ist bei einem Druck von 20 *kg* die in der gasförmigen Atmosphäre hervorgerufene Entzündung fähig, einen Druck von 550 *kg* zu entwickeln, der also doppelt so hoch ist, als derjenige, für welchen die betreffende Flasche geprüft ist. Wenn schliesslich die Entzündung in der Flüssigkeit selbst hervorgerufen wurde, so stieg der Druck bis auf 5100 *kg*. Es ist augenscheinlich, dass unter diesen Umständen kein in der Industrie gebrauchter Rezipient fähig ist, Widerstand zu leisten.

Das ist jedoch noch nicht alles: Unter dem Gesichtspunkte des Risikos einer Explosion, selbst bei dem anfänglichen Drucke von 6—8 *kg*, ist es wichtig, sich von dem Einflusse Rechenschaft zu geben, den die Temperatur auf die Spannungen des Acetylens, die einer bestimmten Lösung entsprechen, ausübt. In der That, weiter oben haben wir einen Rezipienten gehabt (siehe erste Tabelle), der bei einer Temperatur von 14° und einem anfänglichen Drucke von 6,74 *kg* mit Aceton, das mit Acetylen gesättigt war, gefüllt worden war; wenn dieser Rezipient dann auf 35,7° gebracht wird, so erfährt er einen Druck von 10,55 *kg*, und dieser Druck steigt auf 14 *kg* bei 50°, auf 20,5 *kg* bei 74,5°.

Ein Rezipient also, der bei der Temperatur von 14° durch Entzündung nicht explosionsfähig ist, kann es werden, wenn er durch Erwärmung seitens der Sonne oder der Nachbarschaft industrieller Wärmequellen auf höhere Temperaturen als 35° gebracht wird. Diese Möglichkeit muss um so mehr bemerkt werden, als ganz allgemein jede Temperaturerhöhung die Neigung explosiver Substanzen zur Zersetzung steigert, und zwar recht erheblich steigert; die Grenze von 10 *kg*, die bei 15° genügt, würde sicherlich für eine merklich höhere Temperatur gefährlich werden.

Mit diesen Vorbehalten kann man auf der durch unsere Beobachtungen festgestellten Thatsache bestehen, dass nämlich das in einer Flüssigkeit wie das Aceton gelöste Acetylen weniger gefährlich wird, weil das gelöste Acetylen aufhört, durch innere Entzündung explosiv zu sein, und zwar nicht nur unter einem Drucke von 2 *kg*, sondern bis zu einem Anfangsdrucke von wenigstens 10 *kg*, immer jedoch bei einer Temperatur von 15°.

Kurz, das gasförmige Acetylen ist fähig, durch innere Entzündung zu explodieren, wenn ein Rezipient von 1 *l* Rauminhalt 2,5 *g* oder mehr von dieser Verbindung enthält; das im Aceton gelöste Acetylen dagegen ist (derselben Ursache innerer Entzündung ausgesetzt) bei einer Temperatur von 15° nur dann einer Explosionsgefahr unterworfen, wenn der anfängliche Druck 10 Atmosphären übersteigt. Ein solcher Rezipient könnte also 100—120 *g* Acetylen enthalten, das ist 50 mal mehr, ehe unter diesen Umständen die Gefahr beginnen würde.

Es ist jedoch immer zu beachten, dass selbst unter diesen günstigen Bedingungen der gasförmige Teil, welcher über der Lösung schwebt, seine explosiven Eigenschaften bewahrt und die Fähigkeit hat, durch die Explosion Drucke zu entwickeln, die nahezu das Zehnfache des anfänglichen Druckes betragen. Um diese auszuhalten, wird man genügend dicke Rezipienten, nach der Art derjenigen, in denen man gewöhnlich flüssige Kohlensäure aufbewahrt, anwenden müssen.

Wenn schliesslich der anfängliche Lösungsdruck 20 *kg* erreicht (und zweifellos schon unterhalb dieser Grenze), ist man im Falle einer inneren Entzündung der Gefahr ausgesetzt, alle Bedingungen einer vollständigen Explosion des Acetylens zu realisieren, wobei ein Druck von mehreren Tausend Atmosphären entwickelt wird, durch den die metallischen Rezipienten zersprengt werden. Diese Gefahr besteht in gleicher Weise, wenn der Rezipient, der selbst unter einem geringeren anfänglichen Drucke als 10 *kg* bei gewöhnlicher Temperatur gefüllt ist, dem Einflusse einer merklich höheren Temperatur ausgesetzt wird. Es wird wichtig sein, diesen verschiedenen Umständen bei den industriellen Anwendungen der Acetylenlösungen, sei es nun im Aceton oder in anderen Flüssigkeiten gelöst, Rechnung zu tragen.

Bei allen diesen dargestellten Versuchen erleidet das im Aceton gelöste Acetylen bald gar keine, bald eine explosive Zersetzung. In dem letzteren Falle wird gleichzeitig das Lösungsmittel, also das Aceton, in seine Bestandteile zerlegt, indem die Kohle und der Wasserstoff, wenigstens zum grösseren Teile, in Freiheit gesetzt werden, wohingegen der Sauerstoff sich in der Form von Kohlensäure und Kohlenoxyd vorfindet. Das Letztere entspricht zweifellos

einer bestimmten Menge Wasser; denn die Kohlensäure wird bei den, bei hoher Temperatur erfolgenden Reaktionen teilweise durch den Wasserstoff reduziert:

$$2\,C_8\,H_6\,O = \begin{cases} 5\,C + 12\,H + C\,O_2. \\ 5\,C + 10\,H + C\,O + H_2\,O. \end{cases}$$

Diese vollständige Zersetzung des Lösungsmittels ist sehr bemerkenswert, insofern sie durch den explosiven Stoss zufolge der Vernichtung des Acetylens, die bei konstantem Volumen erfolgt, hervorgerufen wird. Sie gehört in die Kategorie der Reaktionen durch Ansteckung und giebt Gelegenheit zu der seltenen Erscheinung der völligen und plötzlichen Zerstörung eines Körpers, der, wie das Aceton, mit Wärmeentwickelung gebildet wird. Es scheint nützlich, diesen Vorgang etwas eingehender zu betrachten.

Die beiden Fälle, der der Stabilität des gelösten Acetylens und der seiner Zersetzung, unterscheiden sich nach den Erfahrungen durch den anfänglichen Druck des Systems. Bei einem Drucke von 10 Atmosphären (oder Kilogramm) ist das Acetylen in Hinsicht auf die Agentien der inneren Entzündung stabil, während es bei einem Drucke von 20 Atmosphären vollständig zerstört wird und gleichzeitig die Zersetzung des Lösungsmittels hervorruft.

Dieser Unterschied erklärt sich durch die Thermochemie, wie wir zeigen wollen. Beachten wir zunächst, dass nach den in der erwähnten Abhandlung zusammengestellten Resultaten bei einem Druck P (ausgedrückt in Kilogramm) 1 *kg* Aceton bei 10° 35 $g \times P$ Acetylen löst, also 350 *g* bei einem Drucke von 10 *kg* und 700 *g* bei einem Drucke von 20 *kg*.

Nun liefert die Zersetzung von 26 *g* gasförmigen Acetylen in seine Elemente, Wasserstoff und amorphen Kohlenstoff, + 51,4 cal. Das gelöste Acetylen wird mindestens seine Lösungswärme entwickeln, die wir gleich der desselben Gases im Wasser, also gleich 5,3 cal. setzen können; dieser Wert kann als hinreichend angenähert betrachtet werden. Die Zersetzungswärme wird also auf 46,1 cal. reduziert sein. Da die Verdampfungswärme eines Moleküls Aceton (bei normalem Drucke) 7,5 cal. beträgt, so erkennt man, dass die Zersetzung eines Moleküls Acetylen bei diesem Drucke fähig wäre, 6 Moleküle Aceton zu verdampfen, also 13 mal sein eigenes Gewicht. Dies würde also die Wirkung sein, die in einer Lösung hervorgebracht wird, die 77 *g* Acetylen pro Kilogramm Aceton enthält. Man müsste noch die Wärme hinzufügen, welche nötig ist, um den bei der Zersetzung des Acetylens entstandenen Kohlenstoff und Wasserstoff bis zu demselben Temperaturgrad zu erwärmen. Es ist klar, dass man unter diesen Umständen die hohen Temperaturen, die für die vollständige Vernichtung des Acetylens notwendig sind,

nicht erreichen würde. Augenscheinlich muss man eine merklich stärkere Dosis dieser endothermischen Verbindung in Anwendung bringen. Daraus erklärt sich, dass Lösungen des Acetylens im Aceton nur dann zerstört werden, wenn das Verhältnis des ersteren ein viel beträchtlicheres ist.

Stellen wir nun dieselbe Rechnung für Lösungen an, die bei Anfangsdrucken von 10 *kg* und 20 *kg* gesättigt sind. Der Einfachheit halber wollen wir die Rechnung mit den Daten ausführen, die dem Normaldrucke entsprechen, da diese allein berechtigt sind; sie liefern übrigens in Bezug auf den behandelten Gegenstand eine hinreichend genaue Behandlung.

Bei einem Drucke von 10 *kg* würden die in 1 *kg* Aceton gelösten 350 *g* Acetylen zufolge ihrer eigenen Zersetzung entwickeln: 623,3 cal. Bei einem Drucke von 20 *kg* würden die 700 *g* gelösten Acetylens entwickeln: 1246,6 cal.

Wir nehmen für die spezifische Molekularwärme des gasförmigen Acetons bei konstantem Volumen den Wert 29 an, der aus den Untersuchungen von Regnault abgeleitet ist, ein Wert, der für eine Temperatur von ca. 1000° berechnet ist und sicherlich mit der Temperatur erheblich wächst; es sei weiter 4,8 die spezifische Wärme von H_2 und 6 die von C_2 bei hoher Temperatur. Betrachten wir die Lösung des Acetylens im Aceton, die bei einem Drucke von 10 *kg* gesättigt ist, und setzen wir voraus, dass das gelöste Acetylen in seine Elemente zersetzt werde, so finden wir, nachdem die Verdampfungswärme des Acetons abgezogen, dass das Gemisch aus Aceton (vorausgesetzt, dass es nicht zersetzt ist), Kohlenstoff und Wasserstoff ($C_2 + H_2$), höchstens eine Temperatur von 730° bei konstantem Volumen erreichen würde. Sie würde sogar merklich geringer sein, wenn man sie mit Hilfe der thatsächlichen spezifischen Wärme berechnet. Die Temperatur ist durchaus ungenügend, das Acetylen in seine Elemente zu zerlegen.

Führt man die Rechnung unter der Annahme durch, dass das Aceton, also das Lösungsmittel, gleichzeitig in seine Elemente und Kohlensäure zersetzt wird, so kommt man nur zu einer Temperatur von etwa 400°. Diese Zahlen zeigen deutlich, warum eine ähnliche Zersetzung unmöglich ist, wenn man mit den bezüglichen Mengen von Aceton und Acetylen bei einem Anfangsdrucke von 10 *kg* oder weniger operiert.

Bei der Flüssigkeit, die unter einem Drucke von 20 *kg* gesättigt ist, würde eine ähnliche Rechnung zu 1300° bei konstantem Volumen führen, wobei diese Zahl der Zersetzung des Acetylens allein entspricht. Hier erreichen wir also die thatsächliche Zersetzungstemperatur des Acetylens: das in Thätigkeit gesetzte Quantum Ace-

tylen ist daher fähig, nach Maassgabe der bei seiner Zersetzung entwickelten Wärme die beobachteten Erfolge hervorzurufen.

Fassen wir alle diese Resultate sorgfältigster, einwandfreier Untersuchungen zusammen, so kommen wir zu dem Resumé, dass Acetylen ebenso wie auch Kohlengas ein explosibles Gas ist, dass aber diese Eigenschaften desselben nicht im entferntesten die grossen Vorteile aufwiegen, die uns dieser neue Leuchtstoff bietet.

Umfangreiche Untersuchungen des Explosivcharakters des Acetylens, insbesondere in Verbindung mit Fettgas, stellte auch der Oberingenieur Gerdes von der Firma Jul. Pintsch an.

Das Acetylen zerlegt sich, wie mehrfach erwähnt, sobald es auf eine Temperatur von 780° C. erwärmt ist, in seine Elemente Wasserstoff und Kohlenstoff und beträgt die Wärmeentwickelung pro Gramm-Molekül-Acetylen = 26 *g* = 47,77 Kalorien.

Nimmt man die spezifische Wärme des Kohlenstoffes bei sehr hoher Temperatur = 0,46 und Wasserstoff bei konstantem Volumen = 2,4 an, so berechnet sich die Zersetzungstemperatur des Acetylens

$$= \frac{47770}{2 \cdot 2 \cdot 4 + 24 \cdot 0,46} = 3016^{0}\ C.$$

Die spezifische Wärme des Kohlenstoffes variiert bekanntlich je nach der Höhe der Temperaturen, der angenommene Wert dürfte indessen annähernd richtig sein. — Aus der vorberechneten Zersetzungstemperatur berechnet sich wiederum eine Spannungszunahme von 12,05 Atmosphären absolut, wenn das Gas nur 1 Atmosphäre absoluten Anfangsdruck hat, und eine Spannung von 132,55 Atmosphären, wenn das Gas einen Anfangsdruck von 11 Atmosphären absolut hat.

Diese Berechnung soll keinen Anspruch auf Genauigkeit machen, und eine genaue Berechnung ist wohl kaum durchführbar, weil genaue Angaben über spezifische Wärme, besonders beim Kohlenstoff, fehlen. — Vorausgesetzt ist bei dieser Berechnung noch, dass das ganze Acetylenquantum momentan zerlegt wird.

Es wurden nun durch Gerdes bis Mitte 1896 verschiedene Experimente gemacht, um zu sehen, wie weit diese Berechnung mit der Praxis übereinstimmt, und welche Gefahren die Verwendung von Acetylen bei der Beleuchtung an Eisenbahn-Personenwagen in sich birgt. — Zunächst wurde ein weichgelöteter Rezipient, wie solche in der Mehrzahl bei den Preussischen Staatsbahnen angewendet werden, mit auf 6 Atmosphären komprimiertem Acetylen gefüllt und darauf auf einem brennenden Holzhaufen angewärmt. Die Folge war, dass der Rezipient bei dem Schmelzpunkte der Zinn-Bleilegierung, also bei ca. 200°, undicht wurde, weil das Zinn auslief; das an den undichten Stellen heraustretende Acetylen verbrannte natürlich.

Bei Verwendung dieser Rezipienten wäre also der Gebrauch von reinem Acetylen schon ungefährlich; es zeigte sich aber später, dass das Acetylen in solchen Behältern auch zur Explosion gelangt, wenn nur ein mit dem Behälter verbundenes Rohr auf die Spaltungstemperatur des Acetylens gebracht wird.

Alsdann wurde ein hartgelöteter Rezipient mit 6 Atmosphären Acetylen gefüllt und ebenfalls auf einen brennenden Holzhaufen gelegt, und zwar derart, dass die Dichtungsstellen, Füllhähne u. s. w. vom Feuer nicht berührt werden konnten.

Dieser Rezipient explodierte mit furchtbarem Knall und flog in Stücke. — Es wurde dann noch ein weiterer Versuch, hinsichtlich Fortpflanzung der Zersetzung des Acetylens durch Rohrleitungen vorgenommen. Ein Rezipient wurde mit 6 Atmosphären Acetylen angefüllt und mit einer Rohrleitung von 5 *mm* Durchmesser und 2 *m* Länge versehen. An einer Stelle, ca. $1^1/_2$ *cm* vom Kessel entfernt, wurde das Rohr durch eine Wassergasflamme angewärmt, und es erfolgte auch hier eine Explosion des Rezipienten, als das Rohr anfing, rotwarm zu werden, und vom Rezipienten blieben nur Splitter übrig.

Unter solchen Umständen ist es nicht unbedenklich, reines Acetylen für Leuchtzwecke, ganz besonders aber für Eisenbahn-Waggonbeleuchtung, wo dasselbe in komprimiertem Zustande verwendet werden muss, zu empfehlen. Um aber die hohe Leuchtkraft des Acetylens dennoch für diesen Zweck nutzbar zu machen, sind weitere Versuche angestellt worden, um eventuell zu ermitteln, wie die eben geschilderten Gefahren zu verringern oder ganz abzuwenden sind, und man hat gefunden, dass Acetylen in unkomprimiertem Zustande zwar auch zersetzt wird, dass die Explosionen dann jedoch lange nicht so heftig sind, als wenn Acetylengas komprimiert ist. Die vorher angeführte Berechnung trifft also nur für hochgespanntes Acetylen ungefähr zu, während bei geringen Anfangsspannungen, wahrscheinlich infolge der langsamen Zersetzung und der während der Reaktion gleichzeitigen Abkühlung, die Spannungen nach der Reaktion erheblich geringer sind als nach der Berechnung zu vermuten ist.

Mischt man A c e t y l e n mit F e t t g a s, so würde man, wenn man die spezifische Wärme von Fettgas = 0,4 annimmt, das spezifische Gewicht von Fettgas auf 0,75 und das spezifische Gewicht von Acetylen auf 0,91 bei einer Mischung von 30 Volumenprozent Acetylen und 70 Volumenprozent Fettgas eine Temperatursteigerung bekommen von

$$\frac{47\,770}{2 \cdot 2{,}4 + 24 \cdot 0{,}46 + \dfrac{0{,}75 \cdot 7}{09{,}1 \cdot 3} 26 \cdot 0{,}4} = 1330^0\ \mathrm{C},$$

woraus sich wiederum bei einem Vordruck von 7 Atmosphären absolut eine Drucksteigerung ergiebt, Anfangstemperatur = 0 angenommen, von pt.:

$$= \frac{(273 + 1330)\ 7}{273} = 41 \text{ Atmosphären.}$$

Diese Berechnung ist nicht genau, weil jede Gasart wieder eine andere Zusammensetzung und damit auch ein anderes spezifisches Gewicht besitzt und soll wiederum nur den Weg anzeigen, den man zu nehmen hat, um das Gas ungefährlich zu machen. Wie man sieht, nimmt die Endspannung, wenn man das Acetylen mit Fettgas oder anderen Gasen mischt, erheblich ab, weil die Zersetzungswärme des Acetylens die beigemischten anderen Gase mit erwärmen muss. Die Temperaturhöhe muss dementsprechend niedriger bleiben wie bei Acetylen allein, da sich die im Zersetzungsfall freiwerdende Gesamtwärme des Acetylens auf die beigemischten Gase mitverteilt.

Die praktischen Versuche in dieser Hinsicht, die zum Teil im Beisein des Herrn Eisenbahndirektors Borck von der Königl. Eisenbahndirektion Berlin ausgeführt wurden, sind in den folgenden Tabellen zusammengestellt, und dürfte für die Praxis genügend klar daraus hervorgehen, dass die Verwendung eines Gemisches von 30% Acetylen mit 70% Steinkohlen- oder Fettgas für den Eisenbahnbetrieb keine Gefahr mehr bietet, weil die Erhöhung der Temperatur niemals derartig sein kann, dass die Gasbehälter dadurch zertrümmert werden könnten. Die letzteren halten viel mehr aus, als die Spannung im ungünstigsten Falle bei einer Zersetzung der 30prozentigen Acetylenbeimischung betragen kann. Denn wie bereits gesagt, ist bei dieser Mischung die Zersetzungstemperatur eine wesentlich niedrigere, als wenn man reines Acetylen allein verwendet.

Mischt man selbst 50% Acetylen mit 50% Fettgas und verbindet den Rezipienten mit einer $^3/_4$zölligen Rohrleitung, die ebenfalls mit diesem Gasgemisch angefüllt ist, wärmt alsdann diese Rohrleitunng an, so ist bei den diesbezüglichen Versuchen, selbst wenn die Rohrleitung auf sehr hohe Temperatur erwärmt wurde, das Gemisch im Rezipienten nicht zur Explosion gebracht worden, sondern nur dann, wenn man den Rezipienten selbst erwärmte. Hier würden also weich gelötete Rezipienten schon volle Sicherheit bieten. Leider konnte die Temperatur, bei welcher in solchem Falle eine Explosion erfolgt, noch nicht genau festgestellt werden, indessen liess sich aus der Farbe »Hellkirschrot« der erglühten Teile schätzen, dass die Temperatur etwa 1000° C. betragen hat. Professor Lewes giebt für Acetylen mit 50% Wasserstoff die Spaltungstemperatur auf

ca. 1250° C. an. Jedenfalls war die Temperatur erheblich höher als die Temperatur, bei der reines Acetylen zur Explosion gelangt.

Wie aus der Tabelle der praktischen Versuche zu ersehen ist, sind die Drucksteigerungen bei der Zersetzung einer 20—30%igen Beimischung von Acetylen unerheblich und in der Praxis viel geringer als nach der Berechnung. Dieselben Drucksteigerungen, die durch Zersetzung des Acetylens etwas schneller vor sich gingen, würden sich auch bei Anwärmung anderer Gasarten, wie zum Beispiel Fettgas allein oder mit Luft, ereignen, allerdings in etwas langsamerem Tempo, weil das ganze Gasvolumen die Wärme von aussen nicht so schnell aufnehmen kann, als wenn man dasselbe von innen heraus, durch die sich zersetzenden Acetylenmoleküle erwärmt.

Bei Anwendung von Mischgas, bestehend aus Acetylen und Fettgas, ist, wenn nicht mehr als 30% Acetylen beigemengt sind, jede Gefahr für den Eisenbahnbetrieb ausgeschlossen, weil sich die Explosion nicht mehr durch eine Rohrleitung bis in den Rezipienten hinein fortpflanzen kann. Muss man erst, um das Acetylen eines solchen Gasgemisches zur Zersetzung zu bringen, den Gasbehälter auf ca. 1000° C. anwärmen, wie aus Vorhergesagtem hervorgeht, so hat man wohl den Punkt erreicht, wo das Mischgas nicht mehr gefährlicher ist als Fettgas und selbst komprimierte Luft. Denn bei 1000° C. ist die Anfangsspannung der im Behälter enthaltenen Gas- oder Luftmenge auf die mehrfache Höhe des Vordruckes gestiegen, infolge Mitanwärmung der Gase im Rezipienten; je nachdem ob der Rezipient auf einem grossen oder kleinem Feuer angewärmt und das Gas ganz oder nur zum Teil mit angewärmt wurde.

Ausserdem würde der Gaskessel, sobald der Fall eintritt, dass auch nur ein Teil seiner Oberfläche auf Rotglut erwärmt wird, aufreissen und das Gasgemisch durch die entstandene Öffnung austreten können, bevor das darin befindliche Acetylen überhaupt zur Zersetzung gelangen kann, weil die dazu erforderliche Temperatur noch nicht erreicht ist. — Die Versuche bestätigten die Annahme.

Aus der Tabelle geht hervor, dass ein mit 80% Fettgas und 20% Acetylen auf 7 Atmosphären (absolut.) gefüllter Rezipient platzte, als die Spannung langsam auf 16 Atmosphären gestiegen war; diese Spannung entspricht einer Durchschnitts-Wärmezunahme von rund 350°. Die in den Abbildungen 232—235 befindlichen Zahlen bezeichnen die Nummer der Versuche, deren Ergebnisse die beigefügte Tabelle enthält.

Versuche über die Explosionsfähigkeit des Acetylens.

(L = Länge, D = Durchmesser, I = Inhalt.)

Nummer des Versuches	Art des verwendeten Gefässes	Art der Anwärmung	Mischungsverhältnis Vol. %	Anfangs-Druck *kg/qcm*	Druck unmittelb. vor der Spaltung *kg/qcm*	Druck unmittelb. nach der Spaltung *kg/qcm*	Bemerkungen
1	Hartgelöteter Gasbehälter L = 1000 *mm* D = 360 » I = 101,8 *l*	Ganzes Gefäss durch Holzfeuer	100 Acetylen	7,8	—	—	Ein Boden wird herausgeschleudert.
2	Weichgelöteter u. genieteter Gasbehälter L = 1800 *mm* D = 420 » I = 249,3 *l*	do.	100 do.	8,2	—	—	Das Lot schmilzt auf der Längsnaht und am Stirnkranz; das Gas brennt aus.
3	Hartgelöteter Gasbehälter L = 800 *mm* D = 420 » I = 110,8 *l*	Anwärmen eines Rohres v. 5 *mm* licht. D. u. $2^1/_2$ *mm* Wandstärke d. Wassergasflamme	100 do.	7,2	—	—	Die Anwärmestelle des Rohres war $1^1/_2$ *m* von dem Gasbehälter entfernt. — Derselbe wird gänzlich zertrümmert.
4	Stahlflasche I = 1585 *l*	do.	100 do.	7,8	—	36	Die Anwärmestelle des Rohres war 1 *m* von der Stahlflasche entfernt.
5	do.	Anwärmen eines $^3/_4$"-Gasrohres durch Wassergasflamme	100 do.	7,0	—	34	Die Zersetzung erfolgt nach zwei Minuten.
6	Stahlrohr L = 500 *mm* D = $1^1/_2$ licht	Gefäss selbst d. e. Wassergasflamme	100 do.	7,0	10,5	23	
7	do.	do.	100 do.	3,0	—	4,2	
8	do.	do.	100 do.	2,2	—	—	
9	do.	do.	100 do.	2,0	—	4,0	

Nummer des Versuches	Art des verwendeten Gefässes	Art der Anwärmung	Mischungsverhältnis Vol. %	Anfangs-Druck *kg/qcm*	Druck unmittelb. vor der Spaltung *kg/qcm*	Druck unmittelb. nach der Spaltung *kg/qcm*	Bemerkungen
10	Stahlrohr L = 500 *mm* D = $1^1/_2$ licht	Gefäss selbst d. e. Wassergasflamme	100 Acetylen	2,0	—	3,2	
11	do.	do.	100 do.	2,0	2,9	4,2	
12	do.	do.	100 do.	1,8	2,8	4,0	
13	Behälter L = 485 *mm* D = 160 » I = 0,75 *l* mit angeschlossenem $^3/_4$"-Rohr	Behälter selbst durch Wassergasflamme	100 do.	1,2	—	3,6	
14	do.	do.	100 do.	2,0	4,5	16	
15	do.	do.	100 do.	1,2	—	3,2	
16	do.	do.	100 do.	2,0	3,2	23	Nach 5 Min. 2,5 Atm. » 10 » 3,0 » » 20 » 3,0 » » 23 » 3,2 » dann rasches Aufsteigen auf 23 Atm., Zurückgeh. auf 4,2 Atm. (absolute Drucke).
17	do.	do.	100 do.	3,0	—	21	
18	do.	do.	100 do.	5,0	—	29	
19	do.	do.	100 do.	7,6	—	—	Zertrümmert.
20	do.	Das $^3/_4$"-Rohr d. Wassergasstichflamme	80 do. 20 Fettgas	7,6	—	—	Explodiert.
21	do.	Behälter angewärmt d. Wassergasstichflamme	50 Acetylen 50 Fettgas	12,5	—	80	Reisst auf und brennt aus.

Nummer des Versuches	Art des verwendeten Gefässes	Art der Anwärmung	Mischungsverhältnis Vol. %	Anfangs-Druck *kg/qcm*	Druck unmittelb. vor der Spaltung *kg/qcm*	Druck unmittelb. nach der Spaltung *kg/qcm*	Bemerkungen
22	Behälter L = 485 *mm* D = 160 » I = 0,75 *l* mit angeschlossenem 3/4"-Rohr	Das 3/4"-Rohr durch Wassergasstichflamme	50 Acetylen 50 Fettgas	9,8	—	—	Ventil schmilzt ab, Gas brennt aus.
23	do.	Erst 3/4"-Rohr, dann Behälter angewärmt durch Wassergasstichflamme	50 Acetylen 50 Fettgas	11,0	—	69	Bei Anwärmung des 3/4"-Rohres erfolgt keine Zersetzung.
24	do.	Das 3/4"-Rohr angewärmt durch Wassergasstichflamme	75 Acetylen 25 Fettgas	8,0	—	—	Explodiert.
25	do.	Erst 3/4"-Rohr, dann Behälter angewärmt durch Wassergasstichflamme	50 Acetylen 50 Fettgas	7,0	13,5	66	Kreisrunder Lappen herausgerissen. Bei Anwärmung des 3/4"-Rohres keine Zersetzung.
26	do.	Das 3/4"-Rohr angewärmt d. Wassergasstichflamme	40 Acetylen 60 Fettgas	7,5	—	—	Keine Explosion.
27	do.	Behälter angewärmt d. Wassergasstichflamme	40 Acetylen 60 Fettgas	7,0	—	43	
28	Gasbehälter L = 900 *mm* D = 480 » I = 162,9 *l*	do.	50 Acetylen 50 Fettgas	7,0	—	—	Lappen von 200 *mm* D. herausgerissen; das Blech ist durch die Dehnung an der Erhitzungsstelle von 3 auf 1 *mm* herabgesunken.

Nummer des Versuches	Art des verwendeten Gefässes	Art der Anwärmung	Mischungsverhältnis Vol. %	Anfangs-Druck *kg/qcm*	Druck unmittelb. vor der Spaltung *kg/qcm*	Druckunmittelb. nach der Spaltung *kg/qcm*	Bemerkungen
29	Gasbehälter L = 900 *mm* D = 480 » I = 162,9 *l*	Behälter angewärmt d. Wassergasstichflamme	40 Acetylen 60 Fettgas	7,0	—	—	Beult sich an der Erhitzungsstelle auf und brennt durch den auf derselben entstandenen Riss aus.
30	Gasbehälter L = 1800 *mm* D = 480 » I = 325,8 *l*	Ganzer Körper durch Holzfeuer	40 Acetylen 60 Fettgas	7,2	—	—	Durch eine allmählich verlaufende Explosion wird der Versuchskörper aufgerissen und deformiert, keine Teile weggeschleudert.
31	Behälter L = 485 *mm* D = 160 » I = 9,75 *l*	Behälter angewärmt d. Wassergasstichflamme	$33^1/_3$ Acetylen $66^2/_3$ Fettgas	7,0	—	17	Beule an der Erhitzungsstelle mit Längsrissen.
32	do.	do.	30 Acetylen 70 Fettgas	7,0	—	17	Dasselbe.
33	do.	do.	40 Acetylen 60 Fettgas	7,2	—	12	Körper ohne sichtbaren Schaden.
34	Gasbehälter L = 900 *mm* D = 480 » I = 162,9 *l*	do.	30 Acetylen 70 Fettgas	9,5	—	17	Aufbeulen und Ausbrennen.
35	Gasbehälter L = 1800 *mm* D = 480 » I = 325,8 *l*	Ganzer Behälter durch Holzfeuer	20 Acetylen 80 Fettgas	7,1	16	—	Zertrümmert.
36	do.	do.	100 Luft	11,0	18	—	Dasselbe.

Ein mit 11 Atmosphären Luft gefüllter Rezipient platzte, als die Spannung langsam auf 18 Atmosphären gestiegen war. — Beide vorgenannten Rezipienten wurden auf der ganzen Länge durch ein Holzfeuer angewärmt. Vorgenannte Rezipienten halten bei der Druckprobe 40—50 Atmosphären aus, es muss also die Erwärmung stellenweise

so hoch gewesen sein, dass die Materialfestigkeit schon diese Einbusse erlitten hatte. — Bei den Waggonrezipienten würden in Wirklichkeit längst alle Dichtungen ausgeschmolzen und das Gas entwichen sein, bevor die obige Durchschnittstemperatur von 350° erreicht ist. Bei den Sprengversuchen ist es auffällig, dass die Explosionen in den engen Röhren von 25—50 *mm* und bei Gas in unkomprimiertem Zustande nicht so heftig sind als in weiteren Behältern und bei Gas in komprimiertem Zustande. Berthelot scheint dieselbe Erfahrung gemacht zu haben, und zwar führt derselbe an, dass bei grösserer Spannung die Dauer der Reaktion erheblich geringer ist als bei geringerer Spannung.

Fortsetzung der Versuche über die Explosionsfähigkeit des Acetylens.

Nummer des Versuches	Art des verwendeten Gefässes	Art der Anwärmung	Mischungs-verhältnis Vol. %	Anfangs-Druck *kg/qcm*	Druck unmittelbar nach der Spaltung *kg/qcm*	Verhältnis des Enddruckes zum Anfangsdruck
37	Hartgelöteter Behälter L = 485 *mm* D = 160 » I = 97,51 *l*	Gefäss selbst durch Wassergas-stichflamme	100 Acetylen	1,6	3,4	2,1
38	do.	do.	100 do.	1,2	3,2	2,7
39	do.	do.	100 do.	1,2	3,6	3,0
40	do.	do.	100 do.	1,3	3,8	3,0
41	do.	do.	100 do.	2,0	16,0	8,0
42	do.	do.	100 do.	2,2	13,0	5,9
43	do.	do.	100 do.	2,0	11,0	5,5
44	do.	do.	100 do.	2,7	16,0	6,0
45	do.	do.	100 do.	2,0	12,0	6,0
46	do.	do.	100 do.	3,0	21,0	7,0

Nummer des Versuches	Art des verwendeten Gefässes	Art der Anwärmung	Mischungsverhältnis Vol. %	Anfangs-Druck *kg/qcm*	Druck unmittelbar nach der Spaltung *kg/qcm*	Verhältnis des Enddruckes zum Anfangsdruck
47	Hartgelöteter Behälter L = 485 *mm* D = 160 » I = 97,51 *l*	Gefäss selbst durch Wassergasstichflamme	100 Acetylen	3,0	21,0	7,0
48	do.	do.	100 do.	3,1	22,0	7,1
49	do.	do.	100 do.	3,0	20,5	6,8
50	do.	do.	100 do.	3,0	20,0	6,7
51	do.	do.	100 do.	4,0	40,0	10,0
52	do.	do.	100 do.	4,1	32,0	8,0
53	do.	do.	100 do.	4,1	33,0	8,1
54	do.	do.	100 do.	4,1	(13,0)	(3,2)
55	do.	do.	100 do.	3,8	30,0	7,9
56	do.	do.	100 do.	5,3	54,0	10,2
57	do.	do.	100 do.	4,8	(23,0)	(5,0)
58	do.	do.	100 do.	5,0	49,0	9,8
59	do.	do.	100 do.	5,0	49,0	9,8
60	do.	do.	100 do.	5,2	53,0	10,2

Leitet man Acetylen unter gewöhnlichem Brenndruck langsam durch eine offene Glasröhre und erwärmt dieselbe auf die Spaltungstemperatur, so sieht man, wie das Acetylen an der erwärmten Stelle Russ abscheidet oder polymerisiert, je nach der Temperatur, ohne zu explodieren, wahrscheinlich, weil durch das nachströmende Acetylen eine fortwährende Kühlung erfolgt. — Nimmt man dagegen eine verschlossene Röhre und wärmt dieselbe auf 780°



Fig. 232. (Versuch Nr. 1 beigefügter Tabelle.)

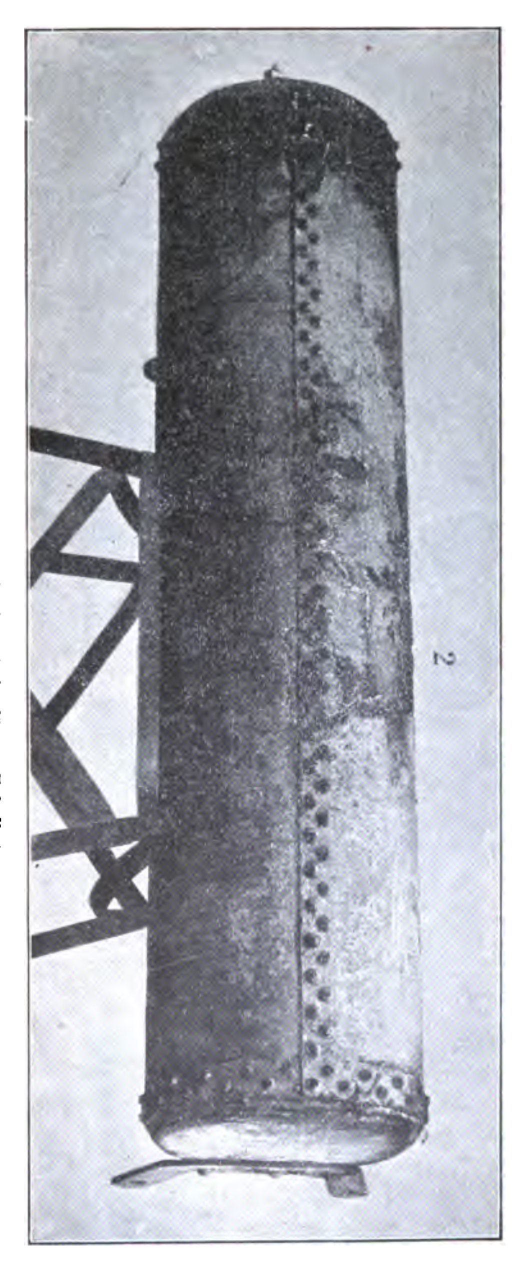


Fig. 233. (Versuch Nr. 2 beigefügter Tabelle.)

an, so findet eine plötzliche Zersetzung und dementsprechende Drucksteigerung statt.

Einwirkung des Acetylens auf Metalle.

Über das Verhalten des Acetylens in Verbindung mit Metallen, insbesondere mit Kupfer oder dessen Legierungen, sind zahlreiche Versuche durchgeführt worden, von denen jedoch unzweifelhaft diejenigen, die Oberingenieur H. Gerdes von der Firma Julius Pintsch vornahm, für die Praxis grundlegend sind. Zur Entwickelung des Gases benutzte er den in Fig. 236 abgebildeten Apparat. Das Carbid wird in geeigneten Stücken durch die seitliche Öffnung in den Entwickler eingeführt und fällt auf einen im unteren Teile des Generators angeordneten, mittels eines Handgriffes drehbaren Rost. Die Carbidstücke gehen mit dem sie umgebenden Wasser die bekannte Umsetzung ein, sodass Acetylengas aus dem Wasser in den oberen Teil des Generators emporsteigt und von hier

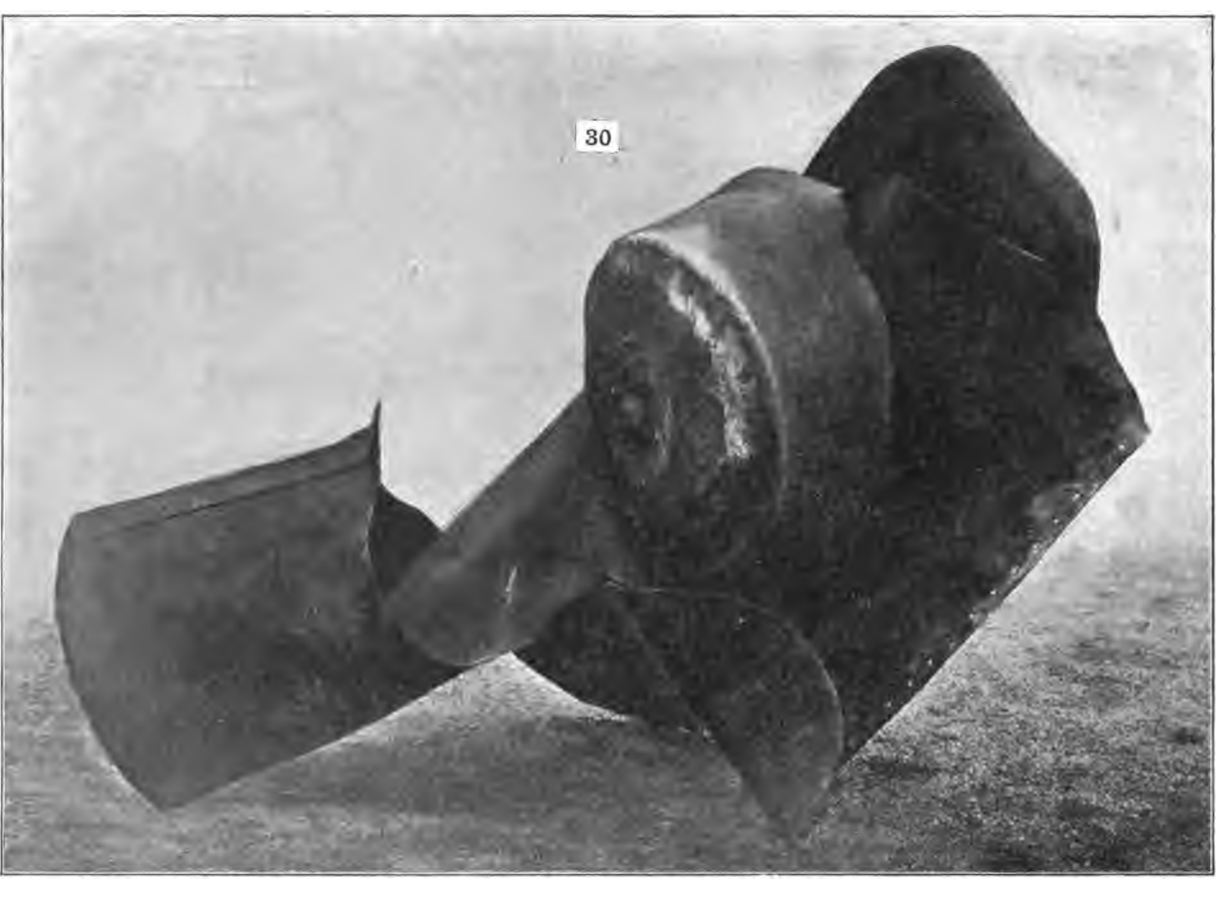


Fig. 234. (Versuch Nr. 30 beigefügter Tabelle.)

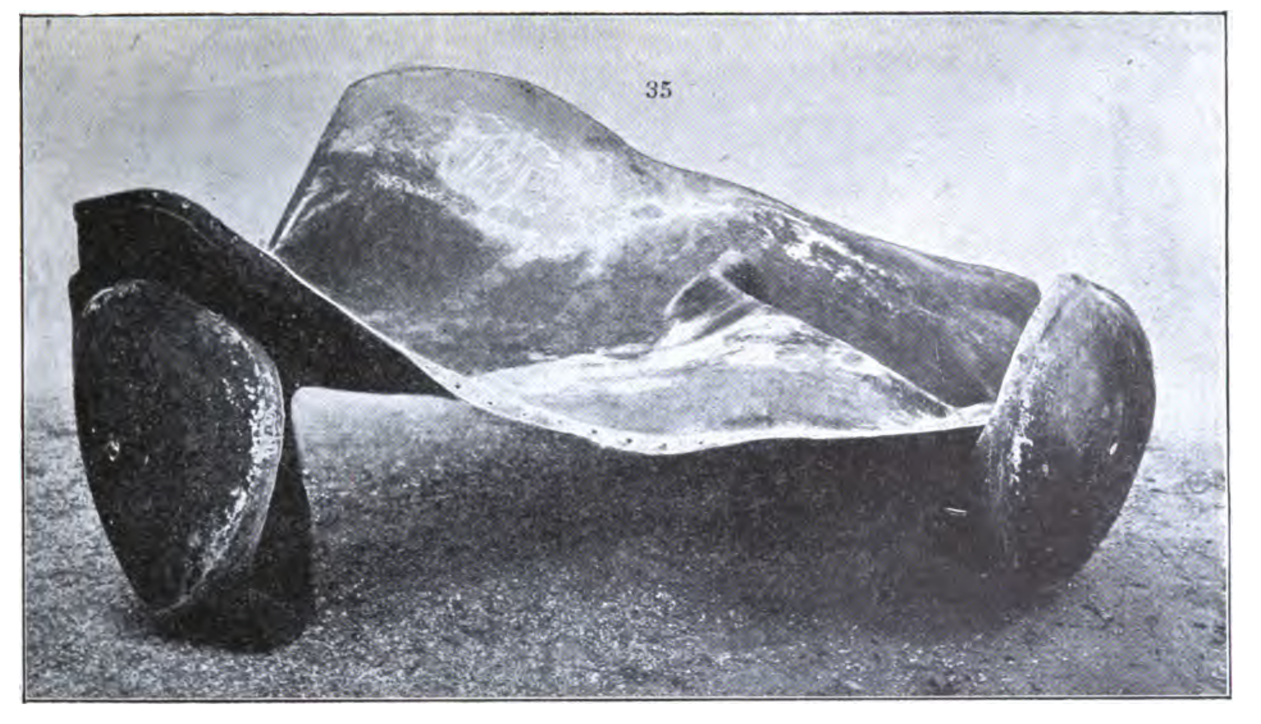


Fig. 235. (Versuch Nr. 35 beigefügter Tabelle.)

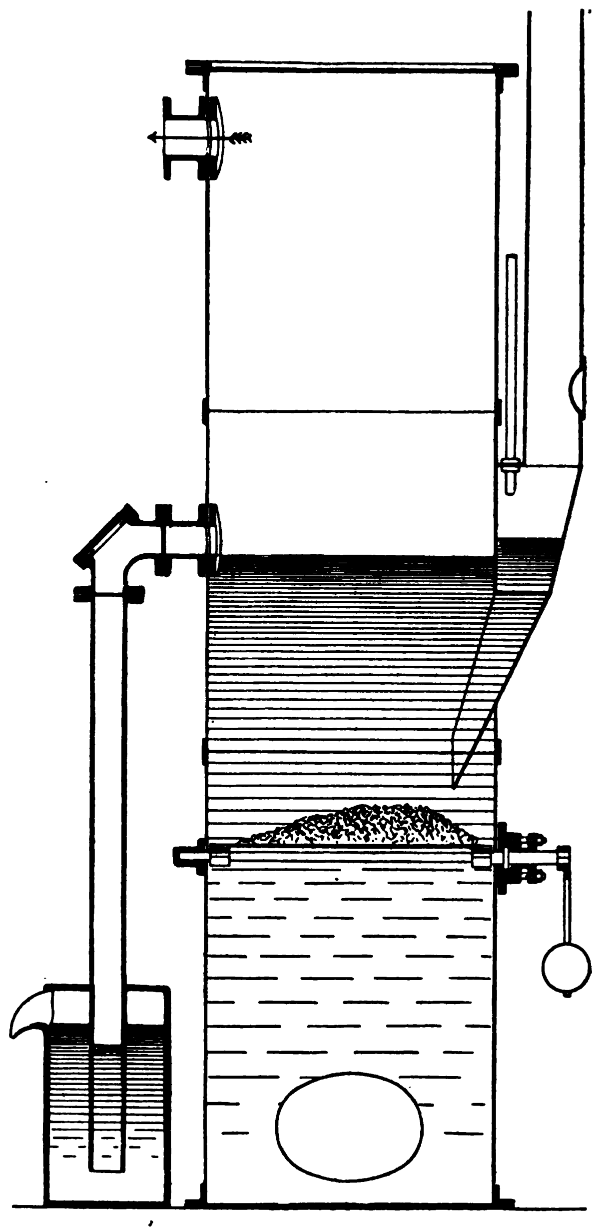


Fig. 236.

abgeleitet wird. Die verbleibenden Rückstände fallen durch den Rost auf den Boden des Apparates, und zwar können die flüssigen Bestandteile derselben durch einen dort befindlichen Hahn abgelassen werden, während die konsistenten Teile nach Bedarf durch ein am Boden befindliches Mannloch entfernt werden. Die Versuchsergebnisse Gerdes, sind nun im folgenden wiedergegeben:

Im Sommer 1895 wurden von fünf Stahlflaschen, in welche verschiedene Metalle und Legierungen in Holzrahmen unverrückbar fest eingesetzt waren, sodass sie sich weder untereinander berühren konnten, noch mit den Gefässwänden in Berührung kamen, zwei mit reinem Acetylen, zwei mit einem Gemisch von 80% Acetylen und 20% Fettgas und eine mit einem solchen von 80% Acetylen und 20% Steinkohlengas gefüllt. In jede Flasche wurden ausserdem 50 *g* Wasser gegeben, um ein mit Feuchtigkeit gesättigtes Gas zu haben. Dass alle Vorsicht gebraucht wurde, die Luft vor der Füllung aus den Flaschen zu entfernen u. s. w., braucht wohl nicht besonders betont zu werden; dagegen ist zu bemerken, dass die Ventile der Stahlflaschen sehr sorgfältig auf ihre Dichtigkeit geprüft wurden. Es zeigte sich dann auch beim Öffnen, dass die ursprüngliche Pressung von 10 Atmosphären erhalten war, sämtliche Flaschen erhielten das Gas noch ausnahmslos unter 9,7 — 9,8 Atmosphären Druck. — Die fünf Flaschen wurden am 18. Juli 1895 unbedeckt auf dem Dache eines Schuppens der Fabrik in Fürstenwalde gelagert, und zwar in der Weise, dass sie vom Morgen bis zum Abend den Sonnenstrahlen ausgesetzt waren.

Am 9. April 1896 wurden sie von dort weggenommen und Gas und Metall auf die inzwischen erlittenen Veränderungen untersucht. Innerhalb dieser rund dreiviertel Jahre waren die Flaschen allen praktisch möglichen Temperaturen ausgesetzt. Im Hochsommer 1895 hatten wir ungewöhnlich heisse Tage und im November und Dezember 1895 recht kalte Nächte, in denen in Fürstenwalde das Thermometer bis 18° C. unter den Gefrierpunkt sank.

Von den probierten Metallen und deren Legierungen sind alle diejenigen, welche gegenüber den gewöhnlichen oxydierenden Einflüssen als widerstandsfähig bekannt sind, auch bei diesen Versuchen wenig oder gar nicht angegriffen worden, dagegen zeigen diejenigen, die leicht oxydieren, auch hier eine stark angegriffene Oberfläche. — Ohne jede Veränderung sind verzinntes Eisenblech, Nickel, Aluminium, Britannia-Metall und Zinn, wenig ist Blei angegriffen.

Die Oxydation der vernickelten Drahtgewebe hat ganz offenbar ihren Grund in einer schlechten Vernickelung, sodass der Überzug das Messing nicht schützen konnte.

Zink und die Kupfer enthaltenden Legierungen, wie Argentan, Messing, gewöhnliche Bronze und Aluminiumbronze, zeigten sich dagegen stark angegriffen. — In keinem Falle konnte hingegen eine Acetylenverbindung nachgewiesen werden; weder durch Erwärmen noch beim Ausschmieden zeigte sich eine Explosion. Das Acetylenkupfer explodiert bekanntlich sehr heftig durch Stoss oder Schlag, oder selbst durch Erwärmen auf 200°.

Durch Behandeln der Oxydschicht mit Salzsäure konnte Acetylen auch nicht entwickelt werden. — Durch weitere Versuche wurde festgestellt, dass durch trockenes Acetylen weder Kupfer noch andere Metalle und Legierungen angegriffen werden, selbst bei gleichzeitiger Einwirkung von Ammoniakgas und Acetylen bildeten sich keine explosiblen Verbindungen. Die Korrosion des Metalles bei gleichzeitiger Einwirkung von Ammoniak und Acetylen ist allein auf die Rechnung des ersteren zu setzen. Bei gleichzeitig angestellten Versuchen, bei denen Blechstreifen von Kupfer, Messing und Bronze einerseits der Einwirkung von reinem trockenen Acetylen, andererseits der Einwirkung von Ammoniakdampf ausgesetzt waren, zeigten sich im ersteren Falle nach Verlauf einer Woche gar keine Veränderungen, während sich im letzteren Falle auf dem Boden des Cylinders eine blaue Lösung von Kupferammoniak kondensiert hatte und die Blechstreifen stark angegriffen waren, besonders Messing. Der Befund zeigte, dass Walzmessing brüchig wird wie verbranntes Papier, während Gussmessing viel widerstandsfähiger ist.

Auf Grund dieser Versuche kann man die Überzeugung aussprechen, dass metallisches Kupfer oder Kupfer enthaltende Legierungen durch trockenes Acetylen selbst bei Vorhandensein von Sauerstoff nicht angegriffen, folglich auch keine explosible Verbindung von Kupferacetylen gebildet wird. Erst wenn die Bedingungen geschaffen sind, dass sich Kupferammoniakoxydul oder Kupferoxydul-Verbindungen bilden, tritt bei gleichzeitiger Gegenwart von Ammoniak die Entstehung des Kupferacetylens $Cu_2 OC_2 H_2$ ein. Diese Bildungsbedingungen dürften in der Praxis wohl kaum vorkommen.

Moissan und Moureu studierten die Einwirkung des Acetylens auf durch Wasserstoff reduziertes Eisen, Nickel und Kobalt. Die bei möglichst niedriger Temperatur reduzierten und daher pyrophorischen Metalle zersetzen, in Berührung mit einem Überschuss von Acetylen, in der Kälte das Gas, wobei Kohle, Wasserstoff und Carbide entstehen. Diese Zersetzung ist auf eine physikalische Erscheinung zurückzuführen, indem die Metalle infolge der grossen Porosität das Acetylen sehr reichlich absorbieren unter Freiwerden von Wärme, welche zunächst Polymerisation und dann die Zersetzung des Acetylens bewirkt. Dieselbe Erscheinung zeigt auch Platinschwarz.

P. Sabatier und J. P. Senderens beobachteten beim Leiten von Acetylen über reduziertes Nickelmetall schon bei einer Temperatur von 300° eine Zersetzung des Gases. Je nach der Temperatur, bei welcher das Nickel reduziert worden ist, findet die Reaktion in verschiedener Intensität statt. Eine vollkommene Zersetzung des Acetylens wird erreicht, bei Anwendung von Nickelmetall, das bei Rotglut im Wasserstoffstrom reduziert worden ist. In der Hauptsache geht die Reaktion nach der Gleichung $C_2H_4 = C + CH_4$ vor sich. Daneben bildet sich auch in geringerer Menge Wasserstoff; trotzdem das entweichende Gas den Geruch von Petroläther zeigt, konnten durch Abkühlen keine höheren Kohlenwasserstoffe erhalten werden. Kupfer, Kobalt und Eisen, ebenso Platin und Palladium zeigten keine derartige Wirkung.

Bei Untersuchungen über denselben Gegenstand fand Erdmann,[1]) dass Zinkstaub bei Zersetzung des Acetylens oberflächlich schwarz wird, eine Verbindung aber nicht zu entstehen scheint. Eisen wird zwar garnicht angegriffen, doch begünstigt es die Bildung von Kondensationsprodukten des Acetylens, übt also eine katalytische Wirkung aus, wenn auch in anderer Weise als das Kupfer: bei diesem ist das Produkt der katalytischen Wirkung Graphit, beim Eisen sind es ölige Kohlenwasserstoffe. Quecksilber, im Acetylenstrome erhitzt, bleibt metalisch glänzend.

Mit ammoniakalischem Kupferchlorür in Verbindung gebracht, wird Acetylen von diesem unter Bildung eines bräunlichen Niederschlages vollständig absorbiert. Das so entstandene Kupferacetylen oder Acetylenkupfer besitzt einen äusserst explosiven Charakter, weshalb es Aussicht zu Sprengzwecken bot. Die Versuche nach dieser Richtung haben bisher aber ein greifbares Resultat nicht gehabt. Diese Reaktion lässt die kleinsten Mengen vorhandenen Acetylens erkennen. In absolut trockenem Zustande greift das reine Acetylen Kupfer, überhaupt Metalle, fast garnicht an, bei feuchter Beschaffenheit ist die Einwirkung auf Kupfer jedoch sehr intensiv, weniger auf die Legierungen des Kupfers. Söderbaum[2]) stellte fest, dass wenn man Acetylen auf eine kalt gehaltene ammoniakalische Lösung von 1 Teil Kupfersulfat in 150 Teilen Wasser bei ca. + 5° einwirken lässt, langsam, aber quantitativ ein nach der Formel $12\,CuC_2 + H_2O$ zusammengesetztes schwarzes Kupferacetylid ausgefällt wird, das sehr explosiv ist. Bei höheren Temperaturen entstehen kompliziertere Verbindungen. Auf die leichte Explosivität der Acetylen-Kupfer-Verbindungen gründen sich die Verbote der Anwendung vom Kupfer für Acetylenapparate, Leitungen, Hähne, Brenner u. s. w.

---

[1]) Acetylen in Wissenschaft u. Industrie 1898, 14.
[2]) Ber. der chem. Gesellschaft 1897, 814, 815.

Die Bestimmung der Acetylenausbeute aus Calciumcarbid.

Von hervorragender Wichtigkeit ist für die Acetylenbeleuchtung die Bestimmung der Gasausbeute aus dem Calciumcarbid. Man begnügte sich und begnügt sich noch in den weitaus meisten Fällen mit der Feststellung der Literzahl des aus einem bestimmten Quantum Carbid erzeugten Acetylens durch die Gasuhren oder öfters nur mittels der Gasometer. Letzterenfalls berechnet man den Rauminhalt des Gasbehälters und schliesst hieraus auf die Menge Carbid, die zur Entwickelung der zur vollkommenen Füllung des Gasbehälters nötigen Acetylenmenge erforderlich ist. Sehr häufig stellt man die Gasausbeute des Carbids überhaupt nicht fest, sondern verlässt sich auf die Angaben des Verkäufers, der eine bestimmte Anzahl Liter Acetylen pro Kilogramm Carbid garantiert. Diese Art der Wertbestimmung genügt natürlich nicht, da sie ein ganz falsches Bild giebt, weil gewöhnlich unterlassen wird, den Druck, die Temperatur und den Feuchtigkeitsgrad anzugeben, bei dem die Messung vorgenommen wurde. Frölich hat zuerst auf diesen Missstand hingewiesen und die ersten im Folgenden mitgeteilten Vorschläge zur zuverlässigen Acetylenbestimmung gemacht.

Die Messung muss so eingerichtet werden, dass der Druck, unter welchem das entwickelte Acetylen steht, gleich ist dem aussen herrschenden, am Barometer abgelesenen Luftdruck, dann ist aber das Volumen des Acetylens um so kleiner, je grösser der Luftdruck; es muss also der Luftdruck beobachtet und in Rücksicht gezogen werden.

Ähnlich ist es mit der Temperatur. Je höher die Temperatur des Acetylens, um so grösser ist sein Volumen bei demselben Druck; es muss also die Temperatur berücksichtigt werden. Endlich spielt die Feuchtigkeit oder der in dem entwickelten Acetylen enthaltene Wasserdampf eine Rolle. Mag das Acetylen in einer Glasröhre (Bürette), wie im Laboratorium, oder in einer Gasuhr, wie im Betrieb gemessen werden: stets ist das Acetylen über Wasser abgesperrt und es befindet sich in dem abgesperrten Raum ausser dem Acetylen soviel gesättigter Wasserdampf, als bei dem betreffenden Druck und der betreffenden Temperatur nötig ist; das Acetylen wird also immer feucht gemessen, nie trocken. Wenn nun z. B. aussen der Luftdruck 760 *mm* Quecksilber herrscht, das über Wasser abgesperrte Acetylen einen Druck von 12 *mm* besitzt, so steht das Acetylen nicht unter dem Druck von 760 *mm*, sondern nur unter dem Druck von $760 - 12 = 748$ *mm*. Der Druck des Wasserdampfes lässt sich aus der in dem abgesperrten Gase herrschenden Temperatur berechnen.

Der Chemiker geht nun gewöhnlich in der Weise vor, dass er Druck und Temperatur beobachtet und aus dem abgelesenen Volumen Acetylen dasjenige berechnet, das er bei Trockenheit, d. h. ohne Anwesenheit von Wasserdampf bei dem Normaldruck von 760 *mm* und der Normaltemperatur von 0° C. erhalten haben würde und dann dieses Volumen mit demjenigen vergleicht, das reines Carbid bei 0° C. und 760 *mm* Druck trocken ergiebt. Für den Praktiker jedoch ist es bequemer und anschaulicher, wenn er aus einer Tabelle unmittelbar ablesen kann, wieviel Liter Acetylen 1 *kg* reines Carbid bei der Temperatur und dem Druck, die bei seiner Messung geherrscht haben, und feucht, d. h. über Wasser, entwickelt, und hiermit dasjenige, auf 1 *kg* Carbid umgerechnete Volumen vergleicht, das er bei seiner Messung erhalten hat. Dividiert er dann das letztere Volumen durch das aus der Tabelle abgelesene, so erhält er den Grad der Reinheit seines Carbids in Prozenten. Die Tabelle fügen wir bei.

Man verfährt bei der Acetylenbestimmung dann folgendermaassen: Das zur Entwickelung des Acetylens dienende Carbid wird gewogen, das Volumen des entwickelten Acetylens in Kubikmetern oder Litern gemessen, ausserdem werden Temperatur (des Wassers) und der Barometerstand abgelesen. Dann wird das gemessene Volumen auf 1 *kg* Carbid umgerechnet und in der Tabelle nachgesehen, wieviel Liter Acetylen bei der betreffenden Temperatur und dem betreffenden Barometerstand reines Carbid geben würde. Dividiert man nun die Anzahl der Liter Acetylen pro Kilo des untersuchten Carbids, durch diejenige des reinen Carbids, so erhält man den Reinheitsgrad des untersuchten Carbids. Will man ferner wissen, wieviel Liter Acetylen das untersuchte Carbid bei einer anderen Temperatur und einem anderen Druck, feucht, geben würde, so hat man nur aus der Tabelle die betreffende Zahl für reines Carbid zu entnehmen und mit dem Reinheitsgrad des untersuchten Carbids zu multiplizieren.

Beispiel: Man habe 152 *g* des zu untersuchenden Carbids abgewogen und an der Gasuhr eine Entwickelung von 48,3 *l* Acetylen bei 11° C. Temperatur und 748 *mm* Barometerdruck (feucht) abgelesen. 1 *kg* dieses Carbids würde unter denselben Umständen $\frac{1000}{153} = 48 = 316$ *l* Acetylen gegeben haben; aus der Tabelle ergeben sich aber für reines Carbid, bei 10° C., 750 *mm*, feucht 370 *l* Acetylen. Das untersuchte Carbid hat also einen Reinheitsgrad von $\frac{316}{370} = 0{,}854$ oder rund 85%.

Will man ferner wissen, wieviel Liter Acetylen dieses Carbid bei 15° C., 760 *mm*, feucht, geben würde, so ergiebt sich aus der

Tabelle unter diesen Umständen die Literzahl 374 für reines Carbid; das untersuchte Carbid giebt also bei 15° C., 760 *mm*, feucht, 374 × 0,854 = 319 *l* Acetylen. Will man endlich wissen, wieviel Liter Acetylen dasselbe Carbid bei 0° C., 760 *mm*, trocken, ergiebt, so multipliziert man die hierfür geltende Literzahl 348 mit dem Reinheitsgrad 0,854 und erhält 297 als die Literzahl bei 0° C., 760 *mm*, trocken. Aus der Tabelle geht hervor, wie bedeutend der Einfluss von Temperatur und Druck auf das Volumen des Acetylens ist. Dasselbe Kilo Reincarbid, welches bei 0° C., 760 *mm* Druck, trocken, 348 *l* Acetylen liefert, giebt bei 30° C., 710 *mm*, feucht, 433 *l*, während die Leuchtkraft stets dieselbe bleibt; ein Käufer ferner, der z. B. Carbid von garantiert 300 *l* Acetylen eingekauft hat, ist um 13% geschädigt worden, wenn der Angabe der Literzahl diejenige von Temperatur, Druck und Feuchtigkeit nicht beigefügt ist und der Käufer die Literzahl auf 0° C., 760 *mm*, trocken, der Verkäufer dagegen auf 20° C., 740 *mm*, feucht, bezieht.

Es drängt sich daher vor allem die Mahnung auf, bei dem Handel mit Carbid ausser der Literzahl des Acetylens stets Temperatur, Druck und Feuchtigkeit anzugeben, auf welche die Literzahl zu beziehen ist. Es fragt sich aber auch ferner, ob diese umständliche, aus vier Einzelangaben bestehende Definition der Güte des Carbids nicht durch eine einzige, unzweideutige zu ersetzen ist, und diese Frage beantwortet sich sofort dahin, dass durch Angabe des Reingehalts des Carbids, ohne jeden Zusatz, dessen Güte in völlig klarer und nicht misszuverstehender Weise bezeichnet ist.

Gehaltstabelle für Calciumcarbid.

1 *kg* Reincarbid giebt bei 0° C., 760 *mm* Druck, trocken, 348 *l* Acetylen.

Barometerstand	Temperatur 0° C.												
	0°	2,5°	5°	7,5°	10°	12,5°	15°	17,5°	20°	22,5°	25°	27,5°	30°
710 *mm*	375	379	383	387	391	396	400	404	410	415	421	426	433
715 »	373	376	380	384	388	393	397	401	407	412	418	423	430
720 »	370	374	378	382	386	390	395	398	404	409	415	420	427
725 »	367	371	375	379	383	387	392	396	401	406	412	417	424
730 »	365	369	373	376	280	385	389	393	398	403	409	414	421
735 »	362	366	370	374	378	382	386	390	395	400	406	411	418
740 »	360	364	367	371	375	380	384	388	393	398	403	408	415
745 »	357	361	365	369	373	377	381	386	390	395	400	406	412
750 »	355	359	363	366	370	374	379	383	387	392	397	403	409
755 »	353	356	360	364	368	372	376	380	385	390	394	400	406
760 »	350	354	358	361	365	369	374	878	382	387	392	397	403
765 »	348	352	355	359	363	367	371	375	380	384	389	395	401
770 »	356	349	353	357	360	364	369	373	377	382	387	392	398

Bamberger empfiehlt die Bestimmung des Acetylens auf **gewichtsanalytischem** Wege, indem nach Analogie der Kohlensäurebestimmungen der Gewichtsverlust ermittelt wird. Hierfür bedient man sich eines Apparates (Fig. 237) bestehend aus einer zweihalsigen Flasche von etwa 400 *ccm* Inhalt nach beistehender Abbildung, in die ein Tropftrichter von etwa 250 *ccm* Fassungsraum und eine mit gekörntem Chlorcalcium gefüllte Trockenröhre luftdicht eingepasst sind. Man wägt das Carbid in Stücken in der Flasche ab, etwa 50—60 *g*, verschliesst mit Tropftrichter und Trockenröhre, füllt etwa 200 *ccm* Chlornatriumlösung ein und wägt. Das Gesamtgewicht des gefüllten Apparats beträgt ungefähr 500 *g*, und es genügt für genaue Bestimmung eine Wage mit $^1/_{100}$ *g* Empfindlichkeit. Man lässt die Flüssigkeit vorsichtig zutropfen, und zwar anfangs 5 bis 6 Tropfen die Minute. Das Carbid zersetzt sich hierbei ohne zu starke Reaktion und das entweichende Gas wird durch Chlorcalcium getrocknet. Später kann man etwas rascher zutropfen lassen und kann den Zufluss nach der auftretenden Nebelbildung regeln. Es erwärmt sich nur der untere Teil der Flasche und die Reaktion verläuft bei Vorsicht so gemässigt, dass keine Spur Wasserdampf entweicht. Ist nach 3—4 Stunden etwa die Hälfte der Chlornatriumlösung eingetropft und alles Carbid in Ätzkalk übergeführt, so lässt man den Rest rasch einfliessen, schüttelt um, erwärmt etwas und saugt Luft durch den Apparat. Nach dem Erkalten wägt man zurück, und die Gewichtsdifferenz giebt den Gehalt an Acetylen. Durch einfache Proportionen berechnet sich der Gehalt an Reincarbid und die Gasausbeute für 1 *kg*, da Reincarbid 40,625% Acetylen und für 1 *kg* 348,9 *l* Gas (bei 0° Temperatur und 760 *mm* Druck) entwickelt — unter der Annahme, dass 1 *l* Wasserstoff 0,08956 *g* wiegt. Aus den gefundenen Prozenten Acetylen kann man in der nachfolgenden Tabelle den Gehalt an Reincarbid und die Gasausbeute ablesen. Z. B.:

Max Kaehler & Martini.

Fig. 237.

angewandtes Carbid	46,25 *g*	
gefüllter Apparat	542,1 »	
nach der Reaktion	525,2 »	
Acetylen	16,9 *g*	= 36,54%

entsprechend = 90% Reincarbid und 314 *l* Gas.

Tabelle der Prozente Reincarbid und Anzahl Liter Acetylen aus Gewichtsprozenten Acetylen.

% Reincarbid	*l* für 1 *kg*	Differenz	% Acetylen	Differenz
100	348,9	3,5	40,625	0,40
99	345,4	3,5	40,22	0,41
98	341,9	3,5	39,81	0,41
97	338,4	3,5	39,40	0,40
96	334,9	3,4	39,00	0,41
95	331,5	3,5	38,59	0,40
94	328,0	3,5	38,19	0,41
93	324,5	3,5	37,78	0,41
92	321,0	3,5	37,37	0,40
91	317,5	3,5	36,97	0,41
90	314,0	3,5	36,56	0,41
89	310,5	3,5	36,15	0,41
88	307,0	3,5	35,74	0,41
87	303,5	3,5	35,33	0,41
86	300,0	3,5	34,92	0,40
85	296,5	3,5	34,52	0,41
84	293,0	3,5	34,11	0,41
83	289,5	3,5	33,70	0,41
82	286,0	3,5	33,29	0,41
81	282,5	3,5	32,88	0,41
80	279,0	3,5	32,47	0,41
79	275,5	3,5	32,06	0,41
78	272,0	3,5	31,65	0,41

Der Apparat Fig. 238 eignet sich zur volumetrischen Bestimmung der Gasausbeute.[1])

Eine weitere Methode gaben Fuchs und Schiff an[2]) und empfehlen besonders das Wasser mit einer Schicht Olivenöl zu versehen, um die Absorption des Acetylens durch das Wasser zu verhindern. Wasser absorbiert etwa das gleiche Volumen an Acetylen, während Olivenöl nur 48% aufnimmt. Nach ihrem Verfahren wird der Boden der als Entwickelungsgefäss dienenden Woulff'schen Flasche W, Inhalt ca. $^1/_2$ *l* (Fig. 239) mit einer Asbestschicht bedeckt, um das Zerspringen der Flasche bei der hohen Reaktionswärme zu verhindern; der Gasometer G (Inhalt 15 *l*) wird mit Ölschicht und Wasser, die Röhren rr' durch Einblasen bei a mit Wasser gefüllt, Klemmschraube c geschlossen und das ca. $^1/_2$ *m* lange Rohr s an-

[1]) Die Apparate liefert die Firma Max Kaehler & Martini, Berlin, Wilhelmstrasse.

[2]) Chemikerzeitung 1897, 84, 875.

gesetzt, so dass es bis auf den Boden der Flasche M (Inhalt 15 *l*) reicht, in welcher 1 *l* Wasser vorgelegt ist. Etwa 30 *g* Carbid in Stücken von 2—3 *cm* Dicke werden in einem geschlossenen Glase durch Differenz gewogen, in W eingeworfen, die drei Kautschuckstöpsel mit Thermometer, Scheidetrichter und Rohr t′ eingefügt und t′ mit t verbunden. Die Anfangstemperatur wird notiert, der Scheidetrichter mit 200 *ccm* Wasser gefüllt, der Hahn desselben so gestellt, dass das Wasser sehr langsam tropft, und gleichzeitig c geöffnet. Sofort beginnt die Gasentwickelung, wodurch sich Rohr s mit Wasser füllt und nun als regulierender Heber wirkt, der in das

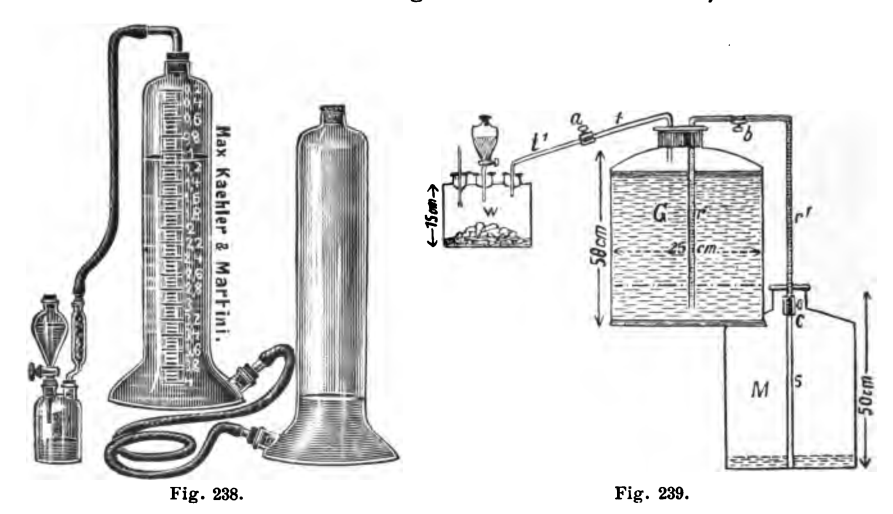


Fig. 238. Fig. 239.

vorgelegte Wasser in M eintauchend ein Einsaugen von Luft im Falle einer zeitweiligen Abkühlung des Gases in W verhindert. Nach ca. $1^1/_2$ Stunde ist die Reaktion, während welcher die Temperatur auf 45—55° C. gestiegen, beendet, die zerfallene, voluminöse Masse ganz von Wasser bedeckt und die Anfangstemperatur wieder erreicht. Nun wird W, wie früher erwähnt, geschüttelt, c geschlossen, M und s entfernt und r′ in ein mit 1 *l* Wasser gefülltes Becherglas eingesenkt. Hierauf wird c unter Wasser geöffnet und das dadurch zurückgesaugte Wasser durch fortgesetztes Nachgiessen einer gemessenen Wassermenge so lange ersetzt, bis die Niveaus konstant gleich hoch stehen.

Das abgesperrte Gasvolumen steht nun wieder unter Atmosphärendruck bei Anfangstemperatur, so dass die nach M abgeflossene Wassermenge abzüglich des vorgelegten und des zurückgesaugten Wassers direkt das Volumen des entwickelten Acetylens angiebt. Dieses Volumen wird unter Berücksichtigung der Temperatur, des Barometerstandes und der der Temperatur entsprechenden Tension

des Wasserdampfes reduziert auf 0^0 und 760 *mm* und in Litern pro 1 *kg* Carbid ausgedrückt.

Ferner verweisen wir auf die von Lunge und Cedercreutz angegebene Methode.[1])

Preisverhältnis des Acetylens.

Um für das Verständnis der verschiedenartigen Preisberechnungen einen Anhalt zu bieten, führen wir zunächst die für die Berechnungen von Lichtquellen hinsichtlich ihrer Kosten in Frage kommenden Normalflammen an. Als Lichteinheiten sind in Deutschland gebräuchlich:

1. Die alte Lichteinheit: eine Wachskerze, von der 6 Stück $^1/_2$ *kg* wiegen, mit 42 *mm* Flammenhöhe.

2. Die frühere Einheit des Vereins deutscher Gas- und Wasserfachmänner: eine Paraffinkerze von 20 *mm* Durchmesser, von der 6 Stück $^1/_2$ *kg* wiegen, bei 50 *mm* Flammenhöhe.

3. Die Berliner Lichteinheit: die englische (Wallrat- oder) Spermacetikerze (Normalkerze, NK) von 44,5 *mm* Flammenhöhe und einem Verbrauch von 7,77 *g* pro Stunde.

4. Die Amyl-Acetat-Lampe von Hefner v. Alteneck, von 40 *mm* Flammenhöhe und 10 *mm* Dochtdurchmesser. Vom Verein deutscher Gas- und Wasserfachmänner im Jahre 1890 unter der Bezeichnung »Hefner-Licht« an Stelle der Paraffinkerze als Einheit angenommen. Da indess das Wort Normalkerze verschiedene Bedeutungen im Laufe der Zeit angenommen hat, so ist, um Irrtümern vorzubeugen, vorgeschlagen worden, die Leuchtkraft einer Hefner-Lampe als 1 Pyr zu bezeichnen. Die Stärke der Beleuchtung, die eine Lichtquelle von 1 Pyr im Abstande von 1 *m* auf einer weissen Fläche hervorbringt, nennt man 1 Lux oder 1 Meterkerze.

Über das Verhältnis der Normalflammen verschiedener Länder giebt die folgende Tabelle Aufschluss:

Vergleichende Tabelle verschiedener Normalflammen.

Carcel-Lampe (französ. Einheit)	Spermacetikerze (44,5 *mm* Flammenhöhe, engl. Einheit)	Deutsche Vereinskerze (Paraffinkerze)	Amyl-Acetat-Lampe (Hefner-Licht)
1,000	7,435	7,607	9,128
0,134	1,000	1,023	1,228
0,132	0,977	1,000	1,200
0,109	0,815	0,833	1,000

Hieraus ergiebt sich, dass die englische Einheit (Spermacetikerze) der deutschen Vereinskerze ziemlich gleich ist, jedoch einen um ein Viertel geringeren Einheitswert als die deutsche Normalkerze aufweist. Letztere ist andererseits nahezu neunmal grösser als die in

---

[1]) Ztschr. f. angew. Chem. 1897. 654.

Frankreich gebräuchliche Carcel-Lampe. Eine nach der Carcel-Einheit gemessene Flamme wird demnach fast neunmal grössere Zahlenwerte aufweisen, als eine solche nach deutscher Normalkerzen-Einheit. Als Normalbrenner für Gas verwendet man vielfach den Schnitt- oder Zweiloch-Brenner von 142 *l* Stundenkonsum, in Berlin dient hierzu ein Argand-Brenner von 150 *l* Stundenkonsum; für Acetylen wäre ein Zweiloch-(Fischschwanz-)Brenner von 11 *l* Stundenkonsum vorzuschlagen.

Der Preis des Acetylens im Verhältnis zu den anderen hauptsächlichen künstlichen Beleuchtungsquellen: Steinkohlengas, Petroleum, elektrisches Licht, Auerlicht, Fett-(Öl-)Gas lässt sich auf sehr einfache Weise berechnen.

1 *kg* Carbid kostet heute bei grösseren Bezügen (z. B. 1000 *kg*) 30—35 ₰. Nehmen wir deshalb den Durchschnittspreis von rund 33 ₰ an. 1 *kg* Carbid liefert durchschnittlich 300 *l* Acetylen, wovon 1 Stundenkerze, also eine Flamme von 1 Normalkerze, die 1 Stunde lang brennt, 0,7 *l* verbraucht. Demnach kostet eine Stundenkerze an Acetylen, bei dem Preise von 33 ₰ pro Kilogramm Carbid 0,077 ₰ und eine Flamme von 16 Normalkerzen (die verbreitetste Flammenstärke) 1,23 ₰ pro Stunde, da dieselbe 11,2 *l* à 11 ₰ Acetylen verbraucht.

1000 *l* Acetylen kosten mithin 110 ₰ und ergeben ein Licht von 1430 Normalkerzen, 1000 *l* Steinkohlengas kosten 16 ₰ und ergeben ein Licht von 100 Normalkerzen, mithin kostet 1 Normalkerze Steinkohlengas 0,16 ₰, gegenüber 0,077 ₰ für 1 Acetylenflamme pro Normalkerze. Es ist demnach Acetylen weit über die Hälfte billiger als Steinkohlengas ohne Glühstrumpf. Auerlicht braucht pro Stundenkerze nur 2,4 *l* Gas, was bei dem Preise von 16 ₰ für den Kubikmeter rund 0,039 ₰ ausmacht. Jedoch ergeben die Beobachtungen, dass der Gaskonsum der Auerbrenner sehr schwankt. Bei einer Reihe von Untersuchungen ergaben sich die in der folgenden Tabelle zusammengefassten Resultate:

Tabelle über den Gaskonsum der Auerbrenner.

Die Untersuchungen wurden vorgenommen von	Gasdruck gleich der Höhe einer Wassersäule von	Konsum pro Stunde	Leuchtkraft in Normalkerzen	Eine NK beansprucht an Gas
Physik.-Techn. Reichsanstalt . .	34 *mm*	112 *l*	57	1,92 *l*
Gasanst.-Dir. Fähndrich, Wien .	22 »	95 »	41,4	2,29 »
v. Oechelhäuser, Dessau . . .	30 »	110 »	50,2	2,19 »
Prof. Renk, Halle a. S.	77 »	150 »	54,44	2,75 »
Gasanst.-Dir. Salzenberg, Crefeld	36 »	90 »	55	1,63 »

Aus dieser Tabelle ist der Durchschnittskonsum mit 2,4 *l* pro Stundenkerze zu entnehmen. Zu berücksichtigen bleibt ferner, dass

das Acetylen zur Entwickelung seiner bedeutenden Leuchtkraft keinerlei künstliche Verbesserungen, wie z. B. Glühstrümpfe, Pressluft u. s. w., bedarf. Wenn, was in absehbarer Zeit nicht unmöglich ist, der Preis des Carbids auf 22 ₰ pro Kilogramm sinkt, so ist das Acetylen unbedingt billiger als Auerlicht. Bemerkt soll hierbei werden, dass heute schon Carbid von Amerika für 24 ₰ pro Kilogramm angeboten wird, desgleichen englisches für 27 ₰ pro Kilogramm.

Bei der Vergleichung der Leuchtkraft des Acetylens mit anderen Beleuchtungsarten, namentlich mit dem Auerlicht und dem elektrischen Glühlicht, ist ferner ein ständiger Irrtum dadurch bemerkenswert, dass man immer als Kerzenstärke die Anfangsstärke der Lichtquelle bei Berechnungen in Ansatz bringt. Dies ist jedoch falsch, denn sowohl das Auerlicht als das elektrische Glühlicht bewegt sich hinsichtlich seiner Leuchtkraft sofort nach Ingebrauchnahme eines Glühkörpers oder einer Glühlampe in abnehmender Stärke, während Acetylen eine konstante Lichtquelle aufweist, was auch bei Steinkohlengas, in gewöhnlichen Brennern verbrannt, der Fall ist. Eine Abnahme der Lichtstärke findet bei Acetylen nicht statt. Es ist deshalb nur recht und billig, wenn man als Vergleich die durchschnittliche Lichtstärke der Auerbrenner bezw. deren Glühkörper, sowie der Glühlampen in Rechnung stellt.

Gasanstaltsdirektor Fähndrich in Wien konstatierte bei Auerbrennern nach 524 Brennstunden eine Leuchtkraftabnahme von 29 % und bei einem anderen Auerbrenner nach 383 Brennstunden eine solche von 65 %. Generaldirektor v. Oechelhäuser in Dessau, stellte bei Auerbrennern eine Leuchtkraftabnahme von 24—43 % fest, wie nachstehende Tabelle ergiebt:

Tabelle der Leuchtkraft-Abnahme von Gas- und elektrischem Glühlicht.

Name	Gasglühlicht						Elektrisches Glühlicht				
	Druck in *mm*	Gaskonsum pro Stunde in Liter	Lichtstärke am Anfange in NK	Brenndauer in Stunden	Lichtstärke am Schlusse in NK	Abnahme der Leuchtkraft in NK	Spannung in Volt	Lichtstärke am Anfange in NK	Brenndauer in Stunden	Lichtstärke am Schlusse in NK	Abnahme der Leuchtkraft in NK
v. Oechelhäuser	20—40	110	50,2	500	38,9	11,3	110	15	500	10,7	4,3
	20—40	110	50,2	800	28,1	22,1	110	15	800	9,2	5,8
Fähndrich (nur Gasglühlicht)	22	95	56	96	51	5	110	16	200	13	3
	22	95	56	240	45	11	110	16	360	11,6	4,4
	22	95	56	524	40,3	15,7	65	10	100	8,7	1,3
	48—50	125	100	48	87,1	12,9	65	10	360	5,8	4,2
	48—50	125	100	192	64,2	35,8	—	—	—	—	—
	48—50	125	100	384	35	65	—	—	—	—	—

Gehen wir nach dieser Einschaltung in der Preisberechnung der konkurrierenden Beleuchtungs-Quellen weiter, so ziehen wir ferner das Öl-(Fett-)Gas in Betracht. Hierüber hat Oberingenier H. Gerdes von der Firma Julius Pintsch in Berlin Berechnungen veranstaltet, die in den wesentlichsten Punkten hier folgen und eine bedeutende Überlegenheit des Acetylens ergeben. Gerdes giebt hiernach pro Normalkerze Fettgas einen Verbrauch von 4 *l* an und bei Intensivbrennern $2^1/_2$ *l* pro Stunde. Die Kosten eines Kubikmeters Fettgas berechnet er mit $76^1/_2$ ₰, sodass eine Normalkerze Fettgaslicht in gewöhnlichen Eisenbahn-Waggonlampen 0,306 ₰ und in Intensivlampen verbrannt 6,19 ₰ kostet. Da eine Normalkerze Acetylenlicht nur 0,077 ₰ kostet, so ergiebt das genau nur ein Viertel des Preises für Fettgas in gewöhnlichen und bedeutend weniger als den halben Preis für Fettgas in Intensivlampen. Der Preis von $76^1/_2$ ₰ pro 1000 l Fettgas ist nach Gerdes der bei den heutigen Gasöl-Preisen denkbar niedrigste und dürfte namentlich in Privatanlagen eher höher zu stehen kommen, und zwar bis 1,32 ℳ pro 1000 *l*. In diesem Falle würde Fettgas siebenmal so teuer als Acetylen sein.

Bei der von Gerdes speziell ins Auge gefassten Beleuchtung der Eisenbahnwagen kommt zu dem obigen Preise des Acetylens dessen Komprimierung hinzu, sodass 1000 *l* komprimiertes Acetylen 2 ℳ kosten würden, gegenüber $76^1/_2$ ₰ für Fettgas. Hierbei ist aber in Betracht zu ziehen, dass eine Normalkerze Acetylen nur 0,7 *l*, eine Normalkerze Fettgas aber 4 *l* beansprucht. Der Preis würde sich demnach ausgleichen. In den später folgenden Mitteilungen des Oberingenieurs Gerdes sind weitere Berechnungen enthalten, die jedoch teilweise von den vorstehenden abweichen und der Vollständigkeit halber aufgenommen wurden. Dort ist auch ausführlich über die Mischung von Acetylen und Fettgas und Acetylen und Steinkohlengas nebst deren Preis berichtet.

Nimmt man den Preis pro Liter Petroleum zu 20 ₰ an, so kosten 16 Normalkerzen pro Stunde in einem guten Mittelbrenner 1,35 ₰ (Prof. Dr. W. Wedding giebt bei einem Petroleumpreise von 30 ₰ pro Liter den Preis für 16 Stundenkerzen mit 2 ₰ an). Nach dem eingangs dieses Abschnittes berechneten Preise von 1,23 ₰ für eine 16kerzige Acetylenflamme, würde demnach der Preis des Petroleumlichtes bei einem Preise von 20 ₰ pro Liter Petroleum höher sein als derjenige für Acetylen. Dochte und Cylinder sind in obigem Preise für Petroleumlicht nicht einbegriffen.

Im Spiritusbrenner kostet die 16kerzige Flamme, je nach den Spirituspreisen, 1,2—2,5 ₰ pro Stunde, ist also im Mittel teurer wie Acetylen.

Ziehen wir nun das elektrische Glühlicht in Betracht, so fallen zunächst die sehr verschiedenen Angaben über den Preis einer Stundenkerze ins Auge. Prof. Dr. W. Wedding giebt für eine Glühlampe von 16 Normalkerzen pro Stunde 3 ₰ an, während auf Grund längerer Versuche Oberingenieur Gerdes hierfür mindestens 4,2 ₰ rechnet, durchschnittlich aber 6,5 ₰. Im »Elektrotechn. Anzeiger«[1]) ist der Preis des elektrischen Glühlichtes mit 2,5 ℳ pro 1000 Stundenkerzen angegeben, wenn dasselbe aus städtischen Centralen bezogen wird. Der Preis der elektrischen Pferdekraftstunde ist hierbei mit ca. 60 ₰ berechnet, inkl. Anschaffungskosten, sowie Erneuerung der Glühlampen sind hiermit einbegriffen. Die Glühlampe von 16 Normalkerzen würde demnach pro Stunde 4 ₰ kosten. Für die gleiche Glühlampe ist an derselben Stelle ein Preis von 0,304 ₰ gerechnet, wenn der Strom in eigener Anlage erzeugt wird und die elektrische Pferdekraftstunde 4 ₰ kostet, exkl. Anschaffungs- und Erneuerungskosten. Diese Angabe beruht zweifellos auf einem Irrtum, denn dann würde elektrisches Glühlicht nur weniger als die Hälfte so teuer sein, wie Auerlicht. Nehmen wir den Mittelwert von 3,5 ₰ pro 16kerzige Glühlampe, so ergiebt sich gegenüber dem Preise von 1,23 ₰ für eine Acetylenflamme gleicher Stärke, der fast dreifach so hohe Preis der elektrischen Glühlampe. Wir wollen jedoch nicht unterlassen hinzuzufügen, dass wenn man die Dynamos von einer billigen Wasserkraft antreiben lassen kann, sich das Verhältnis sehr bedeutend zu gunsten des elektrischen Glühlichtes ändert und es ist keinesfalls ausgeschlossen, dass sich die Preise der beiden Lichtquellen in solchen Fällen gleichstellen. Als »billig« ist hier eine Wasserkraft gedacht, die etwa 20—30 ℳ pro Jahr und PS kostet.

Das Preisverhältnis der verschiedenen konkurrierenden Beleuchtungsarten stellt sich nach den gegebenen Berechnungen wie folgt:

Preistabelle der verschiedenen Beleuchtungsarten.

Es kostet	Acetylen	Steinkohlengas	Auerlicht	elektr. Glühlicht	Fettgas	Petroleum	Spiritus	elektr. Bogenlicht
pro Stundenkerze in ₰	0,077	0,16	0,039	0,218	0,306	0,84	0,115	0,04
pro 16 NK in ₰ . . .	1,23	2,56	0,624	3,5	4,90	1,35	1,85	0,64

Demnach ist bei den angezogenen Beleuchtungen teurer als Acetylen: gewöhnliches Steinkohlengaslicht, elektrisches Glühlicht, Fettgaslicht, Spiritusglühlicht, Petroleumlicht nur um ein geringes; jedoch billiger als Acetylen: Auerlicht und elektrisches Bogenlicht.

[1]) 1895, Nr. 75.

Es sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass diese Preisberechnungen bei genauer Feststellung noch die Kosten und Amortisation der Beleuchtungsanlage, Bedienung, Abgaben, Reparaturen heranziehen müssen.

Frölich und Herzfeld berechnen[1]) die Lichtkosten unter Zugrundelegung folgender Einheitspreise:

1 *cbm* Leuchtgas	ℳ 0,16
1 *l* Petroleum	» 0,20
1 *l* Spiritus	» 0,35
1 *kg* Carbid (300 *l* Acetylen)	» 0,40
1 *cbm* Acetylen	» 1,33
1 *cbm* Acetylen-Fettgas (1:3)	» 0,55
1 *cbm* komprimiertes Fettgas	» 0,40
1 *cbm* komprimiertes Acetylen-Fettgas (1:3)	» 0,80
1 Kilowattstunde	» 0,60
1 *cbm* Fettgas	» 0,28
1 *cbm* Wasser	» 0,16

Dann ordnen sich die Lichtquellen nach aufsteigenden Kosten pro Flamme ungefähr, wie in der untenstehenden Tabelle angegeben:

Lichtquelle	Lichtstärke der Brenner in Kerzen	Verbrauch pro Kerze und Stunde in Liter	30 Kerzen kosten in der Brennstunde ₰	Eine Flamme kostet in der Brennstunde ₰
Petroleumglühlicht . . .	40	0,00125	0,76	1,00
Gasglühlicht	30 — 60	2,00	0,96	0,96 — 1,92
Spiritusglühlicht . . .	30	0,0019	1,20	1,20
Fettgasglühlicht	60	1,00	0,75	1,50
Petroleum, 14″ Brenner .	30	0,00359	2,16	2,16
Acetylen-Fettgas im Verhältnis 25:75	6 — 40	1,30	2,15	0,43 — 2,86
Fettgas	6 — 16	3,20	2,69	0,54 — 1,43
Acetylen	6 — 70	0,75	2,99	0,60 — 6,98
Komprim. Acetylen-Fettgas (8 Atm.) im Verhältnis 25 : 75 . . .	6 — 40	1,80	4,32	0,86 — 5,76
Komprim. Fettgas (8 Atm.)	6 — 16	4,55	5,46	1,09 — 2,91
Leuchtgas, Rundbrenner .	15 — 40	10,00	4,80	2,40 — 6,40
Leuchtgas, Schnittbrenner	6 — 30	11,50	5,52	1,10 — 5,52
Elektr. Glühlicht . . .	16	3,1 Watt	5,63	3,00
Hydro-Pressgas. . . .	500	1,00 Gas 0,50 Wasser	0,72	12,00
Bogenlicht	80 — 100	1,1 Watt	2,16	5,28 — 52,8

Kerzen sind Hefner-Kerzen.

[1]) Stand und Zukunft der Acetylenbeleuchtung, 1898, S. 37.

Die Installation der Acetylen-Beleuchtungsanlagen.[1])

Die Installation von Acetylen-Beleuchtungsanlagen richtet sich im allgemeinen grundsätzlich nach derjenigen der Steinkohlengas-Anlagen, und wo solche vorhanden sind, können die Leitungen ohne weiteres für Acetylen in Benutzung genommen werden. Jedoch ist eine viel sorgfältigere Abdichtung der Rohrleitung für Acetylen notwendig, da dieses durch die denkbar feinsten Öffnungen entweicht.

Bei der Projektierung von neuen Anlagen hat man zunächst auf die ortspolizeilichen Bestimmungen Rücksicht zu nehmen. Dieselben sind am Schlusse des Buches aufgeführt. Die Grösse der Apparate ist so zu bemessen, dass ohne Überanstrengung ein ruhiger regelmässiger Betrieb erreicht wird. Der Entwickler soll nur im Notfall eine grössere Menge Gas produzieren, als seine normale Produktion beträgt; der Gasbehälter darf auf keinen Fall zu klein sein und ist die Beachtung der in dem Kapitel: »Die Konstruktion der Acetylenentwickelungs-Apparate«, gegebenen Hinweise hierfür zu empfehlen. Die Anzahl und Verteilung der Flammen ist in der Regel von persönlichen Anschauungen abhängig und die hierfür vielfach festgestellten Normen kommen bei Privatanlagen nur selten zur Anwendung. Bei Stadtcentralen zieht man auch häufig andere Momente in Betracht, sodass die Lichtverteilungstabellen auch dort nur wenig als Grundlagen benutzt werden. In letzterem Falle ist die Wichtigkeit der Strassen und Plätze für den Verkehr, sowie die zur Verfügung stehende Summe für den Unterhalt der Beleuchtung auf diese von grossem Einfluss. Das Lichtbedürfnis ist als ein relativer Begriff aufzufassen, dessen Auslegung nach Zeit, Ort und Objekt eine grundverschiedene sein kann. Die Praxis ergiebt eine Lichtmenge von 0,3 — 2 Kerzen pro Quadratmeter für Strassen und Plätze als am häufigsten angewendet, in kleinen Orten oder in Strassen ohne Verkehr in grösseren Städten geht man jedoch noch unter das Minimum von 0,3 Kerzen pro Quadratmeter herunter.

Der Lichteffekt ist abhängig von der Stärke der Flamme und der Entfernung der einzelnen Laternen. Die Intensität der Flammen schwankt zwischen 30 — 200 Kerzen, der Abstand der Laternen zwischen 20 — 50 *m*. Um gleichen Lichteffekt zu erzielen, muss demnach die Intensität der Flamme um so grösser sein, je weiter die Laternen voneinander entfernt sind. Die hieraus sich ergebenden ökonomischen Gesichtspunkte müssen in geeigneter Weise berücksichtigt werden. Die Höhe der Kandelaber ist 3—3,5 *m*, in

---

[1]) Im besonderen verweisen wir auf: »Hilfsbuch für Installationen von Acetylenbeleuchtungsanlagen« von F. Liebetanz, Verlag von Oskar Leiner, Leipzig.

besonderen Fällen, z. B. bei besonders grossen Brennern und Beleuchtungen von Plätzen, offenen Hallen u. s. w. bis 8 *m*. In engen Strassen wendet man Wandarme an, die in der Regel 0,6—1,2 *m* lang sind und mittels Holzdübel und 18 *mm* starken Holzschrauben an den Gebäuden befestigt werden. Die Kandelaber werden auf den im Erdboden sorgfältig eingesetzten Kandelaberstuhl geschraubt.

Neben den angeführten, durch die Praxis festgestellten Lichtverhältnissen wird die Lichtmenge für Strassen auch nach folgender Regel berechnet: Ist h die Höhe der Flamme über dem Erdboden, l die Entfernung zwischen zwei Laternen, so ist:

$$H \min = 2 \frac{J}{h^2 + \left(\frac{l}{2}\right)^2} \text{ und } H \max = \frac{J}{h^2}.$$

Das in der Mitte zwischen zwei Laternen liegende Minimum der Lichtmenge soll bei einer guten Beleuchtung niemals unter eine Meterkerze sinken.

Regeln für geschlossene Räume zu geben, ist noch schwieriger, als bei Strassen und Plätzen. In dem schon erwähnten Hilfsbuch sind die hier allenthalben auftretenden Fehler und deren Vermeidung eingehend dargelegt, jedoch sei auch an dieser Stelle vor der gedankenlosen Benutzung der in den Fachkalendern nachgedruckten Beleuchtungstabellen gewarnt. Namentlich eine der Tabellen ist ebenso beliebt bei den Kalenderautoren, wie unzuverlässig. Dieselbe giebt die Dimensionen des Raumes, die Höhe der Flammen über dem Fussboden und die Anzahl der Flammen an, ohne die Intensität der Einzelflammen und die Art des zu beleuchtenden Raumes zu berücksichtigen. Der Raum eines Ladenlokales ist aber doch nicht für die Beleuchtungsart eines Konzertlokales geeignet und zwischen dem Raum einer Kirche und dem Raum einer Bahnhofshalle ist ein gewaltiger Unterschied hinsichtlich der Beleuchtung. Man sollte diese Art Tabellen streng verwerfen.

Um eine gute Beleuchtung zu erzielen, kann nur von Fall zu Fall entschieden werden, falls Erfahrungen aus der Beleuchtung gleichartiger Räume und Objekte nicht vorliegen. Im Durchschnitt wird man mit einem Lichteffekt von 2—4 Kerzen pro Quadratmeter auskommen; für besondere Fälle, z. B. bessere Geschäftslokale, Festsäle, Salons u. s. w., wird man bis höchstens 8 Kerzen pro Quadratmeter hinauf- und bei Nebenräumen, Korridoren u. s. w. bis auf 1 Kerze herabgehen. Auch auf die Anordnung der Flammen resp. der Beleuchtungskörper ist grösste Sorgfalt zu verwenden. Mit Überlegung und Geschick kann man unter Anwendung der optischen Grundgesetze oft mit einer geringeren Lichtmenge bei

geeigneter Verteilung eine bedeutend bessere Wirkung erzielen, als mit einer wesentlich grösseren Lichtfülle, die ohne Nachdenken und praktische Erfahrung verteilt ist und auf einer Stelle zu viel, auf einer anderen zu wenig Licht ergiebt. Man wird zur zweckmässigen Ausnutzung des Lichtquantums an einer Stelle vielleicht eine grosse Flamme, an einer anderen Stelle mehrere kleine in geeigneter Weise anordnen; hier wird man einen matten Schirm, dort einen Reflektor anwenden, hier Wandarme, dort seitliche Deckenarme oder Lyren u. s. w.

So hoch entwickelt die Technik der Lichterzeugung ist, so verbesserungsbedürftig ist die Technik der rationellen Lichtverteilung. Und diese letztere ausgiebig zu studieren sollte deshalb kein Beleuchtungstechniker unterlassen. Als Grundlage hierfür dienen neben ausreichenden praktischen Erfahrungen die Elementarlehren der Optik.

Unter Berücksichtigung der behördlichen Bestimmungen, wähle man bei kleineren Anlagen einen frostfreien, gut abgedeckten, möglichst massiven Raum, der so liegt, dass man in ihm ohne künstliches Licht arbeiten kann. Das Fundament sei fest und asphaltiert oder mit Granitplatten, Backsteinen oder Beton belegt. Zum bequemen Ablassen des Schlammes lege man eine breite Gosse mit starker Neigung zum Schlammfang an. Von Zeit zu Zeit ist der Schlammfang zu reinigen. Der Kalkschlamm kann zu verschiedenen Zwecken (Düngen, Mauern u. s. w.) weiter verwendet werden. Zur Erneuerung des Speisewassers bringe man in möglichst bequemer Nähe einen Zweig der Wasserleitung an, der am besten mittels Schlauch direkt mit dem Generator und Gasometer verbunden werden kann.

Die Sicherheitsrohre, d. h. die zur Abführung des im Gasometer bei Nichtbenutzung der Leitung keinen Platz findenden Gases dienenden Rohre, ordne man stets derart an, dass ihre Mündungen nicht direkt an bewohnte Räume zu liegen kommen, vor allen Dingen nicht an oder unter Fenstern. Auf alle Fälle müssen sie so angebracht werden, dass das ausströmende Gas Niemand belästigt, also am besten mit den Mündungen über dem Dache, und ferner so, dass das ausströmende Gas von unbefugter Hand nicht angezündet werden kann. Um das Eindringen von Schnee und Regen in das Rohr zu verhindern, biege man es etwa 5 *cm* vor seinem Ende mit der Mündung nach unten; eventuell genügt auch das Aufschrauben einer rechtwinkligen Muffe, deren Mündung nach unten schräg abgefeilt wird.

Bei grösseren Anlagen von etwa 300 Flammen, sowie bei Centralen für Beleuchtung ganzer Ortschaften, fallen noch weitere Fragen ins Gewicht, die sich indessen nur von Fall zu Fall beantworten lassen. Handelt es sich um die Beleuchtung ausgedehnter Komplexe,

so empfiehlt sich die Aufstellung des Apparates an der tiefsten Stelle des Gebäudes, um das Bestreben des Gases, nach oben zu steigen, den natürlichen Druck, auszunutzen. Grössere Apparate befestige man in dem aus Stampfbeton gebildetem Fundament mittels Steinschrauben oder mittels starker Holzschrauben in eingesetzte Dübel. Grossen Entwicklern giebt man ein Fundament aus ca. 25 *cm* tiefem Mauerwerk mit Cementmörtel. Einzelne Typen erfordern eine Erhöhung des Fundamentes über den Erdboden, und zwar geschieht dies in 25—40 *cm* Höhe. Auf dem Mauerwerk empfiehlt es sich, als Fundamentplatte eine Asphaltschicht anzubringen. Grosse Entwickler werden mittels Bolzen mit Kreuzstück im Fundament verankert. Der Abfluss des Kalkschlammes und der Abwässer geschieht bei grossen Anlagen unterirdisch oder in mit gusseisernen Platten verdeckten Kanälen. Der Kalkfang besteht aus einer ausgemauerten Grube, der ein Cementverputz gegeben ist. Soll der Kalk weiter verarbeitet werden, so ordnet man eine Filtergrube an oder man führt von dem Kalkfang einen, durch ein verschiebbares Netz aus verbleitem Eisendraht verschliessbaren Kanal in eine zweite Grube, sodass in diese das Wasser abläuft, während im Kalkfang der Kalk zurückbleibt.

Bei den für die Beleuchtung grosser Ortschaften und Städte oder ausgedehnter industrieller Anlagen berechneten Anlagen werden die Bassins für die Gasbehälter aus Mauerwerk oder Beton hergestellt. Von welcher Grösse der Anlage ab solche Bassins bei Acetylenbeleuchtung an Stelle der schmiedeeisernen Bassins zur Anwendung kommen sollen, ist noch eine offene Frage. Für den Bau dieser Bassins kommen die für Steinkohlengasanlagen gleichen Normen zur Anwendung, die in allen hierauf bezüglichen Lehrbüchern enthalten sind.

Kein Apparat soll ohne Reinigungsvorrichtung[1]) in Betrieb gesetzt werden. Trockene Reinigung ist nasser vorzuziehen, da durch letztere Druckverluste entstehen und z. B. die Chlorkalkreinigung wesentlich billiger und einfacher als Flüssigkeitsreinigung ist.

Gleichfalls soll jeder Apparat die nötigen Sicherheitsvorrichtungen besitzen. Diese bestehen in Wassermanometern, Überdruckventilen, Sicherheitstöpfen. Das Manometer (Druckmesser) besteht am gebräuchlichsten aus einer U-förmig gebogenen, teilweise mit Wasser gefüllten, kommunizierenden Glasröhre von gleichem Querschnitt, bei dem der Höhenunterschied beider Wassersäulen den Überdruck des Gases über den der äusseren Luft angiebt, der auf einer Skala abzulesen ist.

(1 *mm* Wassersäule = 0,0736 *mm* Quecksilbersäule, 1 *mm* Quecksilbersäule = 13,59 *mm* Wassersäule, 735,51 *mm* Quecksilber-

---

[1]) Siehe den besonderen Abschnitt hierüber.

säule oder — abgerundet — 10000 *mm* Wassersäule = 1 Atmosphäre = dem Druck von 1 *kg* auf die Fläche von 1 *qcm.*)

Ausser diesem einfachen Druckmesser kommen noch verschiedene andere Konstruktionen in Betracht, wie z. B. der einschenklige Druckmesser von Fr. Lux, der mit Petroleum von 0,8 spezifischem Gewicht gefüllt wird, ferner das Federmanometer von Rosenthal. Zur Erleichterung der Druckablesung dienen die Elster'schen Manometertafeln mit feststehendem Nullpunkt, der durch ein offenes Wassergefäss mit Schwimmer festgestellt wird. Bei Stadtanlagen treten noch Druckregistrierapparate zur Kontrolle in Verwendung hinzu. Es sind hierfür zu nennen die Registrierapparate von Crosley, Pintsch, Ochwadt, Thorp. Je nach der Grösse der Anlage bringt man ein oder mehrere Manometer an, die man letzterenfalls auf Entwicklern, Reinigern, Trocknern, Gasbehältern, Kondensatoren verteilt, um eventuelle, durch irgendwelche Einflüsse (Verstopfungen) hervorgerufene Druckverminderungen und dadurch angezeigte Schäden in den genannten Teilen der Anlage oder deren Rohrverbindungen festzustellen.

Die Eingangs des Abschnittes erwähnten Sicherheitsrohre stehen am besten mit dem Gasbehälter durch einen Sicherheitstopf in Verbindung. Der Ersatz dieser Töpfe durch Ventile ist weniger empfehlenswert; jedenfalls müssen Sicherheitsventile zum Abblasen des überschüssigen Gases häufig nachgesehen werden, da sie leicht festklemmen können. Die Sicherheitstöpfe ordnet man zweckmässig im gleichen Verhältnis wie die Manometer an, sodass jeder Manometer seinen eignen Sicherheitstopf hat. Die einzelnen Abblasrohre kann man an geeigneter Stelle in ein gemeinsames Hauptrohr münden lassen, dessen Ausgang man mit einem Schutzdach versieht, wenn man nicht die Eingangs des Kapitals angeführte Mündung vorzieht. Sämtliche Manometer ordnet man wie bei elektrischen Anlagen die Schaltapparate, auf einer gemeinsamen, dem Wärter gut sichtbaren Tafel an.

Der Kondensator zur Kühlung des Gases wird bei Anlagen mit mehreren Entwicklern in die Mitte zwischen denselben angeordnet, aus Sicherheitsgründen immer in unmittelbarster Nähe. Der Kondensator hat entweder einfache Luftkühlung oder Luft- und Wasserkühlung. Es empfiehlt sich, den Kondensator nicht zu klein zu gestalten, sondern nach Möglichkeit hoch und das Gas einen möglichst langen Weg in demselben machen zu lassen, ehe es unten aus- und zu den Wäschern strömt. Letztere werden bei kleinen Anlagen mit dem Reiniger und Trockner kombiniert oder fallen ganz weg. In solchen Fällen führt man das Acetylen aus dem Kondensator direkt in den Reiniger, Trockner, Gasbehälter, eventuell noch einen Trockner und in die Leitung unter vorheriger Einschaltung von Manometer,

Sicherheitstopf und Sicherheitsrohr (siehe Fig. 176, S. 267). Bei kleinen Anlagen benutzt man Kondenstöpfe.

Bei grossen Anlagen kommen ferner Stations-Druckregulatoren oder kurz Druckregler zur Anwendung. Die älteste Konstruktion desselben ist die von Clegg, bei der der Druck am Anfange eines Rohrnetzes auf einer beliebig einstellbaren Höhe erhalten wird, während sich die durchströmende Gasmenge beliebig ändern kann. Neuere Regler sind die von Ledig, Gareis u. s. w. Die Einstellung geschieht durch Gewichts- oder Wasserbelastung. Neuerdings wendet man auch selbstthätige Belastung an (Elster). Auch für kleinere Privatanlagen sind Druckregler empfehlenswert, um bei wechselndem Verbrauch einen konstanten Druck zu erhalten.

Gasmesser lässt man bei Privatanlagen in der Regel fort. Bei Stadtanlagen kommen Stationsgasmesser zur Kontrolle des erzeugten Acetylens und bei den Konsumenten solche zur Feststellung des Verbrauches zur Anwendung. Es werden meist nasse Gasmesser mit Wasser-, Glycerin- oder Chlormagnesium-Füllung angewendet. Bei Heizgasverbrauch gelangen in der Regel trockene Gasmesser zur Benutzung. Alle Gasmesser müssen gesetzlich geaicht sein.

Rheometer (Verbrauchsregulatoren) dienen dazu, für einzelne Flammen oder Flammengruppen, trotz schwankenden Druckes in der Hauptleitung, einen stets gleichbleibenden Verbrauch zu geben. (Giroud-Rheometer mit Glycerinfüllung, trockene von Flürscheim, Behl & Co., Lux u. s. w.)

Sämtliche Apparate sind mit Umgängen zu versehen, um im Notfalle eine rasche Ausschaltung einzelner Apparate zu ermöglichen. Kupfer ist bei Ventilen, Hähnen, Fittings zu vermeiden. Verbreitet hierfür ist Weissmetall und Temperguss.

Die Rohrleitungen werden vielfach mit einem um ein Drittel geringeren Durchmesser wie Steinkohlengasleitungen für Acetylen gewählt, was nicht zu empfehlen ist. Bei dem hohen Druck, unter dem Acetylen durch die Leitungen strömt, sind Verluste bei zu engen Rohren naheliegend, ganz abgesehen von Verstopfungen. Bernát berechnete[1]) die Rohrleitungen nach der bekannten Pole'schen Formel:

$$Q = 0{,}0022\, d^2 \sqrt{\frac{d\,h}{s\,l}}$$

in der Q die Ausflussmenge pro Stunde in Kubikmetern, d den lichten Durchmesser des Rohres in Millimetern, h den Druckverlust in Millimetern Wassersäulendruck, s das spezifische Gewicht des Gases und l die Länge der Leitung in Metern bedeutet. Das spezifische Gewicht des Gases ist mit 0,92 angenommen.

---

[1]) Zeitschr. f. Calciumcarbid u. Acetylen 1898, 16, 122.

Tabelle der stündlichen Ausflussmengen in *cbm* bei schmiedeeisernen Röhren bei 10 *mm* Druckverlust und 0,92 spez. Gewicht.

Länge der Leitung in *m*	Lichter Durchmesser in *mm*								
	3	6	10	13	20	25	31	38	51
5	0,060	0,298	1,074	2,070	6,080	10,621	18,186	30,295	64,806
10	0,037	0,212	0,780	1,502	4,312	7,510	12,855	20,426	42,623
15	0,029	0,166	0,596	1,149	3,372	5,891	10,086	16,779	35,013
20	0,025	0,143	0,512	0,987	2,898	5,062	8,668	14,420	30,091
25	0,023	0,128	0,458	0,884	2,594	4,531	7,758	12,907	26,933
30	0,021	0,116	0,417	0,804	2,361	4,125	7,063	11,750	24,519
35	0,019	0,108	0,389	0,749	2,200	3,844	6,581	10,949	22,847
40	0,018	0,101	0,364	0,700	2,057	3,594	6,163	10,236	21,360
45	0,016	0,095	0,341	0,658	1,932	3,375	5,778	9,613	20,060
50	0,015	0,090	0,322	0,621	1,824	3,187	5,457	9,079	18,946
60	0,014	0,082	0,297	0,572	1,681	2,937	5,029	8,367	17,460
70	0,013	0,076	0,272	0,524	1,538	2,687	4,601	7,655	15,974
80	0,012	0,071	0,256	0,493	1,448	2,531	4,334	7,210	15,045
90	0,011	0,067	0,240	0,462	1,358	2,375	4,066	6,764	14,116
100	0,010	0,063	0,227	0,438	1,287	2,250	3,852	6,408	13,373
110	0,010	0,060	0,218	0,420	1,233	2,156	3,601	6,141	12,816
120	0,009	0,058	0,208	0,401	1,180	2,062	3,531	5,874	12,258
130	0,009	0,055	0,199	0,383	1,126	1,968	3,370	5,607	11,701
140	0,009	0,053	0,192	0,371	1,090	1,906	3,263	5,429	11,330
150	0,008	0,051	0,186	0,359	1,054	1,843	3,156	5,251	10,958
160	0,008	0,050	0,180	0,347	1,019	1,781	3,049	5,073	10,587
170	0,008	0,048	0,173	0,334	0,983	1,718	2,942	4,895	10,215
180	0,008	0,047	0,170	0,328	0,965	1,687	2,889	4,806	10,029
190	0,007	0,045	0,164	0,316	0,929	1,625	2,782	4,628	9,658
200	0,007	0,044	0,161	0,310	0,911	1,593	2,728	4,539	9,472
220	0,007	0,043	0,154	0,298	0,876	1,531	2,621	4,361	9,101
240	0,007	0,041	0,148	0,286	0,840	1,468	2,514	4,183	8,729
260	0,006	0,039	0,142	0,274	0,804	1,406	2,407	4,005	8,358
280	0,006	0,037	0,138	0,261	0,768	1,343	2,300	3,827	7,986
300	0,006	0,036	0,129	0,249	0,733	1,281	2,193	3,649	7,615

Tabelle der stündlichen Ausflussmengen in *cbm* bei gusseisernen Röhren bei 10 *mm* Druckverlust und 0,92 spez. Gewicht.

Länge der Leitung in *m*	Lichter Durchmesser in *mm*								
	40	50	60	80	100	125	150	175	200
10	23,468	40,998	64,668	132,757	231,899	415,085	639,023	939,573	1311,929
20	16,593	28,988	45,725	93,867	163,968	293,493	451,831	664,340	927,621
30	13,549	23,669	37,352	76,643	134,064	239,639	568,923	542,438	757,408
40	11,731	20,496	32,329	66,368	115,931	207,510	319,461	469,712	655,861
50	10,494	18,333	28,918	59,366	103,700	185,617	285,757	420,157	586,666
75	8,569	14,969	23,612	48,473	84,673	151,560	233,324	343,063	479,020
100	7,420	12,963	20,448	41,978	73,327	131,250	202,059	297,093	414,832
125	6,637	11,595	18,289	37,547	65,587	117,399	180,732	265,736	371,048
150	6,059	10,585	16,696	34,276	59,873	107,169	164,986	242,584	338,721
175	5,609	9,799	15,457	31,731	55,428	99,969	152,739	224,577	313,577
200	5,247	9,166	14,459	29,683	51,850	92,808	142,878	210,078	293,333
225	4,947	8,642	13,632	27,985	48,884	87,500	134,706	198,062	276,554
250	4,693	8,199	12,933	26,549	46,377	83,011	127,797	187,902	262,369
275	4,474	7,817	12,330	25,313	44,218	79,147	121,847	179,155	250,155
300	4,284	7,484	11,805	24,235	42,334	75,775	116,655	171,522	239,496
350	3,967	6,929	10,930	22,438	39,195	70,157	108,006	158,805	221,740
400	3,710	6,481	10,224	20,988	36,663	65,625	101,029	148,546	207,416
450	3,498	6,111	9,639	19,788	34,566	61,872	95,252	140.052	195,555
500	3,318	5,797	9,144	18,772	32,792	58,696	90,362	132,862	185,515
600	3.029	5,292	8,347	17,137	29,935	53,582	82,489	121,287	109,353
700	2,805	4,899	7,729	15,865	27,714	49,607	76,369	112,288	156,788
800	2,624	4,583	7,222	14,841	25,925	46,404	71,439	105,039	146,666
900	2,473	4,321	6,816	13,992	24,442	43,750	67,353	99,031	138,277
1000	2,346	4,099	6,466	13,274	23,187	41,500	63,894	93,945	131,176

Tabelle der Flammenzahl für Privatleitungen und kleine Anlagen bei 10 *mm* Druckverlust, 0,92 spez. Gewicht und 20 Liter Konsum pro Stunde.

Länge der Leitung in *m*	Lichter Rohrdurchmesser in *mm*								
	3	6	10	13	20	25	31	38	51
5	3	19	53	103	304	531	909	1515	3240
10	2	10	39	75	215	375	642	1021	2131
15	1	8	29	57	168	294	504	839	1750
20	1	7	26	49	145	253	433	721	1504
25	1	6	23	44	129	227	388	645	1347
30	1	6	21	40	118	206	353	587	1222
35	1	5	19	37	110	192	329	547	1142
40	1	5	18	35	103	179	308	517	1068
45	1	5	17	33	97	169	289	481	1003
50	1	4	16	31	91	159	273	454	947
60	—	4	15	29	84	147	251	418	873
70	—	4	14	26	77	134	230	388	799
80	—	4	13	25	72	127	217	360	752
90	—	3	12	23	68	119	203	338	706
100	—	3	11	22	64	113	193	320	669
110	—	3	11	21	62	108	185	307	642
120	—	3	10	20	59	103	177	294	613
130	—	3	10	19	56	98	169	280	585
140	—	3	10	19	55	95	163	271	567
150	—	3	9	18	53	92	158	263	548
160	—	3	9	17	51	88	152	254	529
170	—	2	9	17	49	85	147	245	511
180	—	2	9	16	48	83	144	240	501
190	—	2	8	16	46	81	139	231	483
200	—	2	8	16	45	79	136	227	474
220	—	2	8	15	43	76	131	218	455
240	—	2	7	14	42	73	126	209	436
260	—	1	7	14	40	70	120	200	418
280	—	1	6	13	38	67	115	191	399
300	—	1	6	12	36	64	109	182	381

Tabelle der Flammenzahl für Centralanlagen bei 10 *mm* Druckverlust, 0,92 spez. Gewicht und 30 Liter Konsum pro Stunde.

Länge der Leitung in *m*	Lichter Rohrdurchmesser in *mm*										
	25	31	40	50	60	80	100	125	150	175	200
10	250	413	782	1366	2155	4425	7729	13836	21300	31319	43730
20	168	292	553	966	1524	3128	5465	9783	15061	22144	30930
30	137	238	451	788	1245	2554	4468	7987	12297	18081	25246
40	119	206	391	683	1077	2212	3864	6917	10648	15657	21862
50	106	184	349	611	963	1978	3456	6187	9525	14005	19555
75	88	150	285	498	787	1615	2822	5052	7777	11435	15967
100	75	130	247	432	681	1399	2444	4375	6735	9903	13827
125	68	116	221	386	609	1251	2186	3913	6024	8857	12368
150	62	106	201	352	556	1142	1995	3572	5499	8086	11290
175	57	98	186	326	515	1057	1847	3332	5091	7485	10452
200	54	92	174	305	481	989	1728	3093	4762	7002	9777
225	50	87	164	288	454	932	1629	2916	4490	6602	9218
250	48	82	156	273	431	884	1545	2767	4259	6263	8745
275	46	78	149	260	411	843	1473	2638	4061	5971	8338
300	44	75	142	249	393	807	1411	2525	3888	5717	7983
350	40	69	132	230	364	747	1306	2338	3600	5293	7391
400	38	65	123	216	340	699	1222	2187	3367	4951	6913
450	36	61	116	203	321	659	1152	2062	3175	4668	6518
500	34	58	110	193	304	625	1093	1956	3012	4428	6183
600	31	53	100	176	278	571	997	1786	2749	4042	5645
700	29	49	93	163	257	528	923	1653	2545	3742	5226
800	27	46	87	152	241	494	864	1546	2381	3501	4888
900	25	43	82	144	227	466	814	1458	2245	3301	4609
1000	24	41	78	136	215	442	772	1383	2129	3131	4372

Bei kleinen Anlagen, die einen Gasmesser nicht erhalten, beginnt man mit der Leitung am Trockner der Reinigungsvorrichtung oder, falls ein solcher vorhanden ist, beim Druckregulator. Bei grossen Anlagen beginnt die Leitung beim Gasmesser, mit dem vorher der Druckregulator in Verbindung steht. Vor jedem Gasmesser ist ein Haupthahn anzubringen, auch sind bei grossen Rohrnetzen einzelne Abteilungen abstellbar (ausschaltbar) zu machen. Zu den in der Erde liegenden Leitungen werden in der Regel gusseiserne Muffenrohre verwendet, deren Muffen sorgfältigst gedichtet werden. Auf 5 *m* Leitung ca. 30 *mm* Gefälle. Tiefe unter der Erde 80—125 *cm*; an den tiefsten Stellen werden Wassertöpfe (Syphons) angebracht, Durchmesser derselben 2—3 d, Höhe 0,31—0,63. Ein Schweisseisenrohr von 20—25 *mm* Durchmesser geht ca. 25 *mm* über dem Boden der Syphons bis zur Erdoberfläche und dient zum Auspumpen der Töpfe. Alles in Erde verlegte Leitungsmaterial soll aus Gusseisen bestehen. Ist man gezwungen, Schweisseisenrohre oder Ableitungen in Erde zu verlegen, so umgiebt man sie mit einem Schutzmantel, bestehend aus 50 *l* Teer, 30 *l* Sand, je 10 *l* Kalk- und Lehmpulver und 5 *kg* Pech. Die Mischung wird heiss verwendet. Dichtung der gusseisernen Muffenrohre durch Teerstricke und Blei. Billwiller und Rosenthal empfehlen die Teerstricke mit Eisenchlorid zu imprägnieren, da dann der Acetylenverlust von ca. 15% (Steinkohlengas 7%) geringer wird (siehe oben erwähntes Hilfsbuch). Zuleitungen werden in Gusseisen und Schmiedeeisen verwendet; letztere sind vorzuziehen. Verlegung ca. 50 *cm* unter der Erdoberfläche bei Umhüllung mit obiger Schutzmasse. Anschluss an die Hauptleitung mittels T-Stücke oder nach Anbohren des Hauptrohres mittels Rohrschelle, in deren Muffe das Zuleitungsrohr eingebleit wird. Dichtung mittels mit Hanf umwickelten, mit Mennige getränkten Pappringes. Hanfimprägnierung eventuell mit Eisenchlorid. Privatleitungen, worunter auch diejenigen von separaten Privat-Acetylenerzeugungs-Anlagen zu verstehen sind, bestehen fast stets aus schmiedeeisernen Röhren, selten und nur an ganz gefahrlosen Orten aus Bleirohr. Je enger die Leitung und je länger, desto grösser der Druckverlust. Zur Vermeidung des letzteren wende man möglichst wenig scharfe Biegungen und Kniestücke an. Wo letztere unvermeidlich sind, müssen die Rohrabmessungen etwas grösser genommen werden. Zur Erleichterung der Auswechselung schadhafter Rohre, Reinigung oder Nachprüfung sind an einzelnen Stellen der Leitung Langgewinde anzubringen. Auch Hausleitungen erhalten eine Anzahl Wassersäcke. Die fertige Leitung wird mit einer Luftpumpe mit einem Druck von 1 Atmosphäre geprüft. Ableuchten der Leitung ist streng zu vermeiden. Alle Hausleitungen sollen gut zugänglich verlegt werden.

In den Fig. 240 und 241 ist die Hauscentrale der Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft in Ansicht und Grundriss gezeichnet.

Das Carbid wird durch die Klappe links am Entwickler eingeworfen und fällt durch das Einfüllungsrohr auf einen schrägen

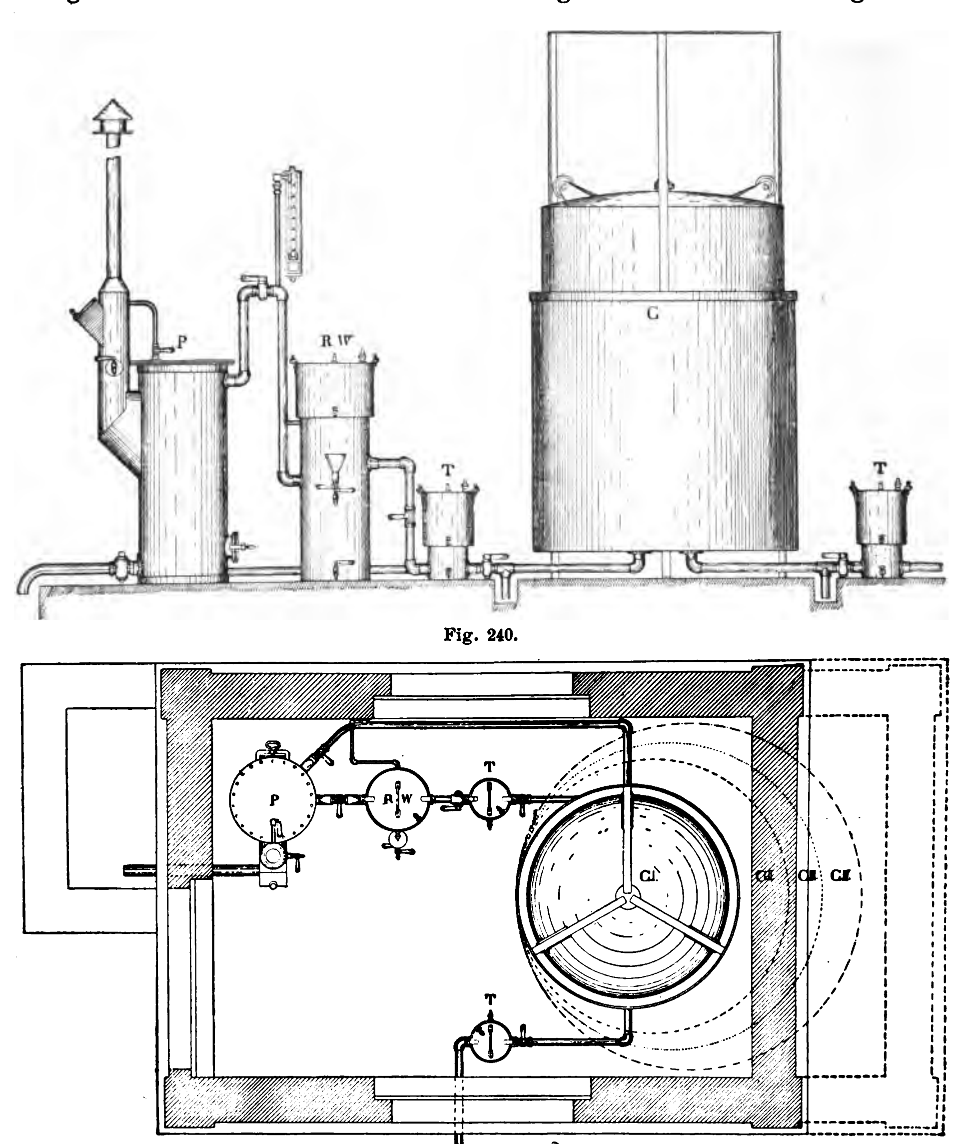


Fig. 240.

Fig. 241.

Rost in den Entwickler. Bei den ersten Apparaten war der Rost nicht schräg, sondern gerade angebracht; die Folge davon war, dass das Carbid sich mitunter dicht unter dem Einfüllrohr staute und anhäufte, sodass die Entwicklung dann zum Teil aus dem Einfüllrohr entwich. Durch die schräge Anordnung des Rostes ist dies unmöglich gemacht worden, da jedes Stück Carbid auf demselben gleich bis zu der tiefsten Stelle an der dem Einfüllschacht gegenüber liegenden Wand gleitet. An dem Einfüllrohr ist ein Überlaufhahn und auf dem Deckel des Entwicklers ein Überlaufrohr mit einem Hahn P angebracht, welches in den Einfüllkanal führt. Der Ausgang führt in die Reinigungsapparate RW und Trockner T, während der Ausgang von diesem direkt in den Gasometer G führt; beide sind durch Hähne verschliessbar.

Soll der Entwickler gereinigt werden, so werden beide Hähne nach dem Gasometer geschlossen und Hahn P geöffnet. Darauf wird so lange Wasser eingeleitet, bis dasselbe den Rand des Einfüllschachtes erreicht, dadurch wird alles Gas aus dem Entwickler verdrängt und durch den Schornstein abgeleitet. Wenn jetzt das Kalkwasser abgelassen wird und die Luft eindringt, so ist keine Spur Gas mehr in dem Entwickler vorhanden.

Soll der Apparat nach der Reinigung frisch gefüllt werden, so wird zunächst wieder soviel Wasser aus dem Reservoir oder der Leitung zugelassen, bis dasselbe am Einfülltrichter überläuft, sodass der Entwickler vollkommen mit Wasser und die Luft ganz verdrängt ist. Dann wird Hahn P geschlossen und der Hahn der direkten Verbindung mit dem Gasometer geöffnet. Das Gas aus dem Gasometer tritt in den Entwickler und drückt soviel Wasser aus dem Überlaufrohr heraus, bis der Gasdruck dem Druck der Wassersäule gleichkommt. Es ist dadurch der Raum über dem Wasserniveau mit reinem Gas gefüllt.

Wird jetzt Carbid eingeworfen, so verdrängt der verstärkte Druck zunächst noch etwas Wasser durch das Überlaufrohr, bis der Wasserstand betriebsfertig normal ist, dann wird der Überlaufhahn geschlossen.

Es entwickelt sich von Anfang an reines, luftfreies Acetylen, und es kann in dem Entwickler stets nur entweder Luft oder Acetylen, niemals aber ein explosibles Gemisch enthalten sein.

Das Acetylen verlässt den Entwickler und geht durch die Reinigungsapparate. Unmittelbar am Gebäude befindet sich die ausgemauerte Grube für den Kalkschlamm, der bequem aus dem Entwickler in dieselbe abgelassen werden kann. Die im Grundriss punktierten Linien geben die Dimensionen der grösseren Anlagen an.

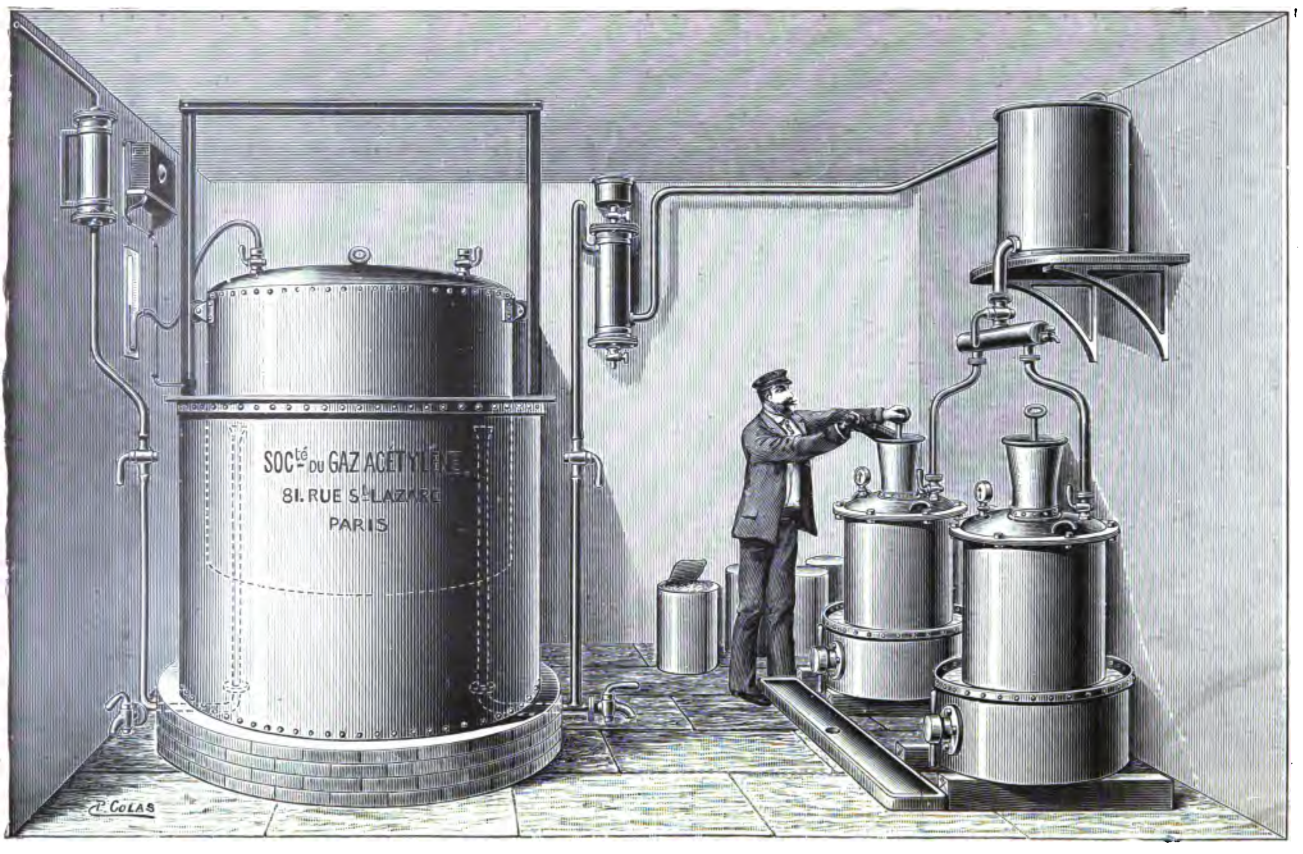


Fig. 242.

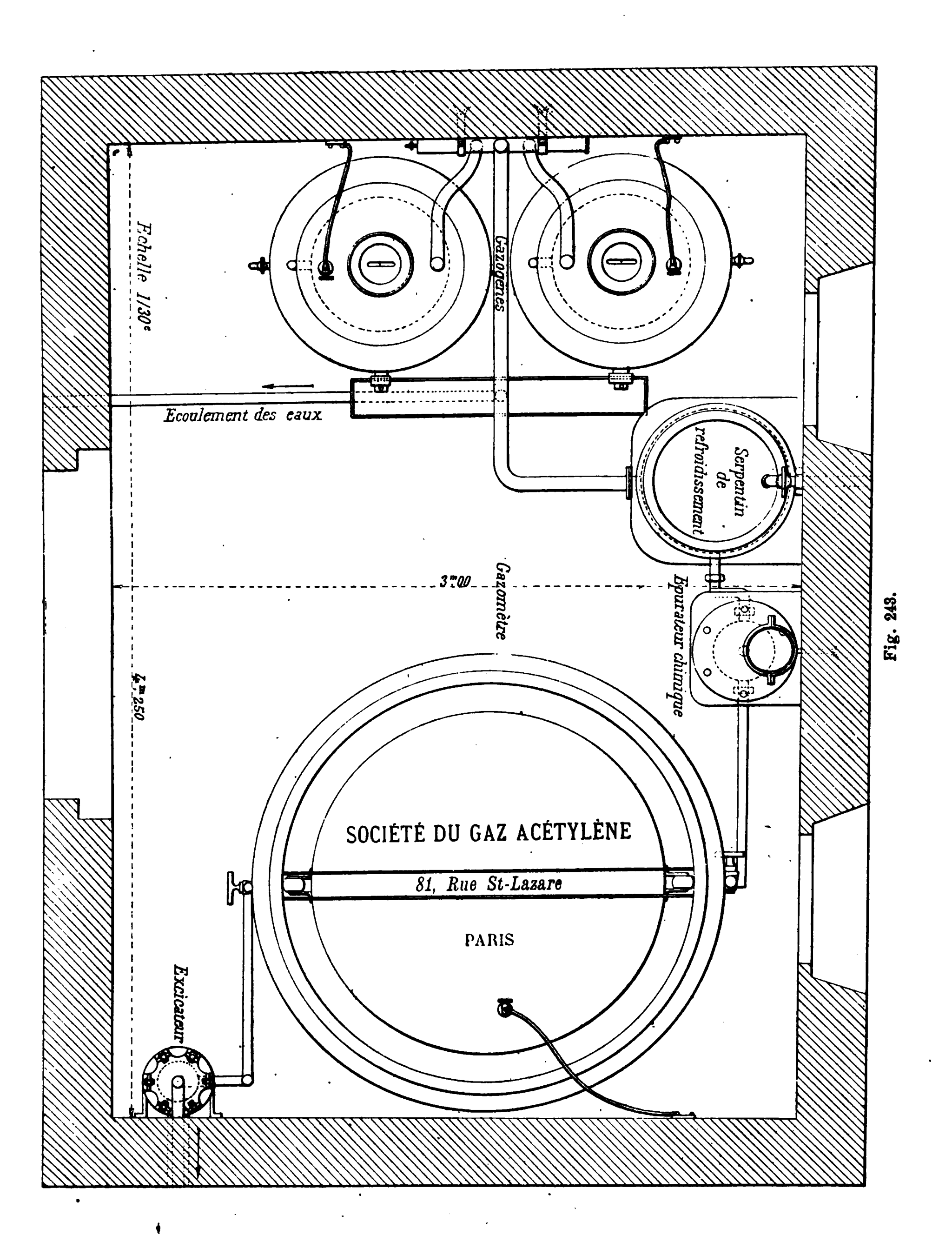

Echelle 1/30e
Gazogènes
Ecoulement des eaux
Serpentin
de
refroidissement
3m00
Gazomètre
Epurateur chimique
4m250
SOCIÉTÉ DU GAZ ACÉTYLÈNE
81, Rue St-Lazare
PARIS
Excicateur

Fig. 248.

Der Durchschnitt dieser Anlage ist aus Fig. 176, S. 167, zu ersehen.

Eine Anlage für 200—300 Flammen veranschaulicht Fig. 242 und 243. Dieselbe ist von der Société du Gaz Acétylène in Paris projektiert und ausgeführt worden. Fig. 242 zeigt das Innere des Raumes, in dem sich die beiden Generatoren nebst dem Gasometer befinden, Fig. 243 zeigt den Grundriss und Fig. 244 den Aufriss der Anlage, deren Anordnung ohne weiteres verständlich ist. Die Anlage produziert bei normalem Gange stündlich 4000 bis 6000 *l* Gas, dementsprechend ist der Fassungsraum des Gasometers bemessen. Der Durchmesser des über den Generatoren (Fig. 242)

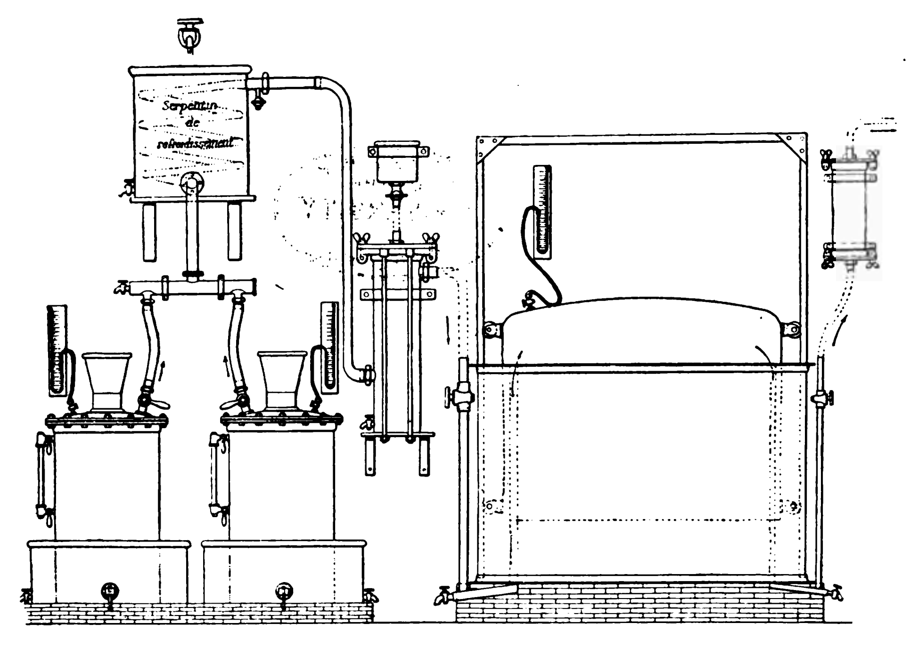
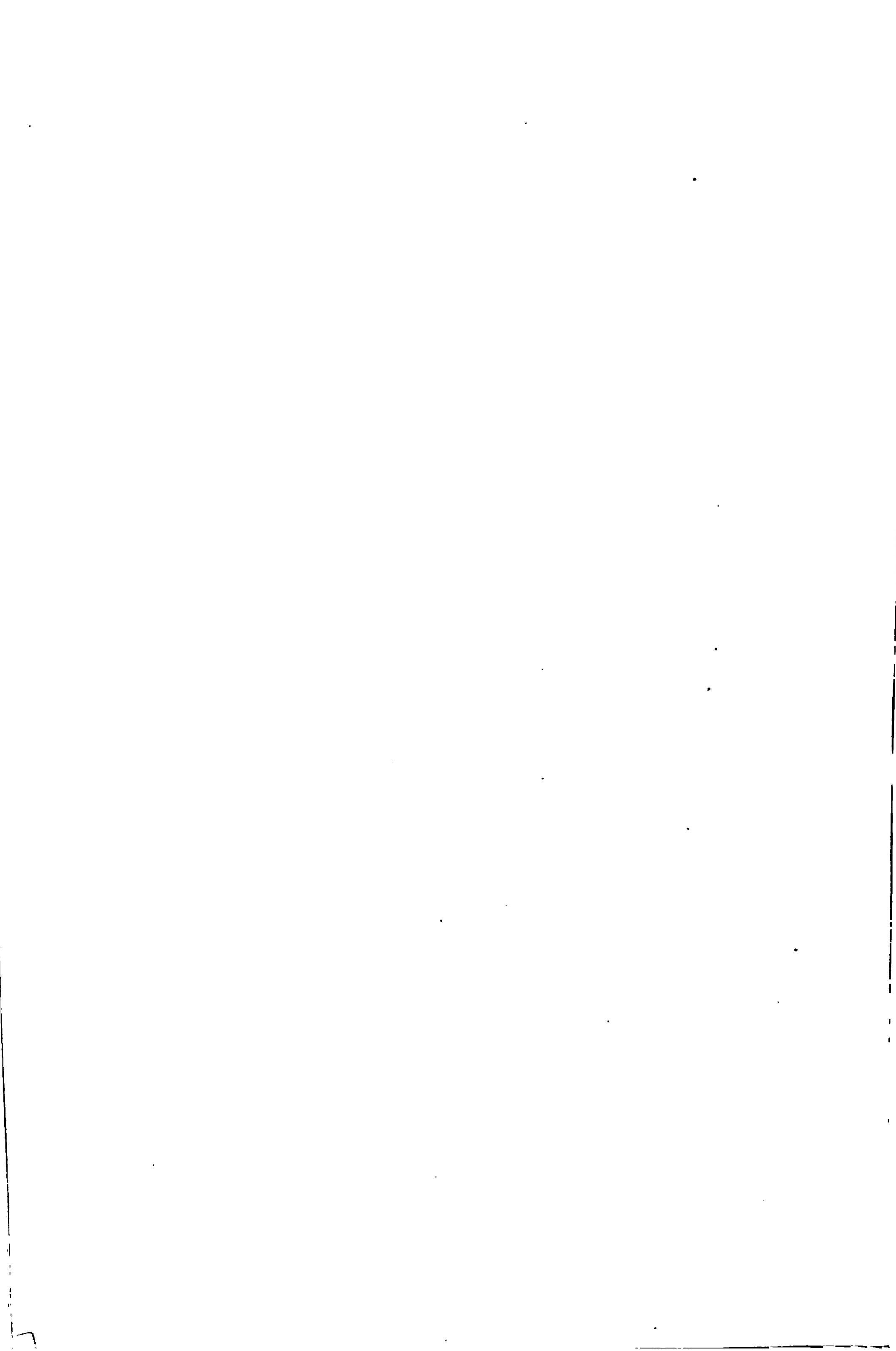


Fig. 244.

befindlichen mechanischen Reinigers beträgt 60 *cm*, die Dimensionen des chemischen: Höhe 100 *cm*, Durchmesser 25 *cm*, des Trockners (links): Höhe 70 *cm*, Durchmesser 20 *cm*, der Durchmesser des Abzugsrohres 4 *cm*, die Grundfläche des Gebäudes für die gesamte Anlage 12 *qm* und der Preis für letztere inkl. der kompletten Installation etwa 3600 *M*.

Die bisher grösste Stadtanlage für Acetylen ist diejenige zu Oliva bei Danzig, ausgeführt von der »Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft m. b. H.« in Berlin. Die Anlage war für 96 Strassenflammen bestimmt, Privatanschlüsse waren sofort 800



gezeichnet, doch war auf starke Vergrösserung zu rechnen, so dass die Anlage für 2000 Flammen projektiert werden musste. Die Acetylenanstalt besteht aus den Entwicklern, den Reinigungsapparaten, dem Gasometer, dem Stationsgasmesser und dem Druckregulator. Die Entwickler beruhen auf dem Prinzip der Zuführung von einzelnen Carbidstücken in einen grossen Überschuss von Wasser und sind nach dem Verfahren des Professors Raoul Pictet, D. R.-Pat. Nr. 98142, konstruiert. Es ist nach dem Verfahren dieses Patentes möglich, luftfreies Acetylen herzustellen, und die Mischung von Acetylen und Luft wird nicht nur während des Betriebes, sondern auch von Anfang an, sowie während der Reinigung und nach der Neufüllung vermieden. Es ist aber sowohl im Interesse des dauernd guten und hellen Brennens der Flammen, als besonders mit Rücksicht auf die Sicherheit und Gefahrlosigkeit der Anlage von grösster Bedeutung die Luft auszuschliessen, da bekanntlich nur ein Acetylenluftgemisch, nicht aber reines Acetylen explosiv ist. Die Entwickler bestehen aus cylindrischen Metallbehältern, an denen seitlich ein Einführungskanal für das Carbid angebracht ist. Das Carbid wird mit der Hand bezw. mit einer Schaufel in das Einführungsrohr eingeworfen und fällt auf einen schrägen Rost, auf welchem es bis an die entgegengesetzte Wand des Entwicklers gleitet. Hier beginnt die Entwickelung, und die Gasblasen steigen senkrecht nach oben und werden durch den Wasserabschluss verhindert, aus dem Einfüllrohr zu entweichen. Die Entwickelung geht also stets in einem grossen Überschuss Wasser vor sich, so dass keine wesentliche Erwärmung und keine Nachentwickelung stattfinden kann. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass für Anlagen von so grossen Dimensionen wie Stadtanlagen, Eisenbahnen u. s. w. von jeder automatischen Zuführung des Carbids abzusehen ist und nur der Handbetrieb ein dauernd gutes und zuverlässiges Funktionieren garantieren kann. Das so erzeugte Gas geht dann durch die Reinigungsapparate, in welchen das früher beschriebene Reinigungsverfahren von Wolff zur Anwendung kommt. Das Acetylen wird zunächst in einen Kondensator geleitet, in welchem es sich expandiert und durch Abkühlung den mitgerissenen Wasserdampf kondensiert und auch mechanisch mitgeführte Kalk- und Kohleteilchen absetzt. Beim Austritt aus den Entwicklern hat das Gas selbst bei forciertem Betrieb nicht mehr als 50—60° C., es empfiehlt sich aber, vor dem Eintritt in den Wäscher dasselbe noch mehr abzukühlen, damit die Löslichkeit der verunreinigenden Gase zunimmt. Hierauf wird es in einem Wäscher von den löslichen Verunreinigungen, wie Ammoniak und Schwefelwasserstoff, befreit. Die Konstruktion des Wäschers geht aus der Tafel III: »Schematische Darstellung, Entwickelung,

Reinigung und Aufspeicherung des Acetylens für Stadtanlagen«, hervor; um das Eindringen von Luft zu verhindern, ist derselbe verschlossen und die Füllung und Entleerung geschieht mittels einer Flügelpumpe und zweier auf verschiedenes Niveau tauchender Rohre. In dem chemischen Reiniger wird die Entfernung des Phosphorwasserstoffes bewirkt, worauf das Gas in einem Trockner getrocknet und in dem Gasometer aufgespeichert wird. Aus dem Gasometer durchstreicht das Gas einen Stationsgasmesser und Druckregulator und wird zum Schluss nochmals endgiltig getrocknet, ehe es in die Leitung gelangt. Die Konstruktion der Reiniger, Trockner, Gasmesser und Druckregler ist denselben Apparaten für Kohlen- bezw. Ölgas analog, nur muss bei den hydraulischen Verschlüssen auf den höheren Druck Rücksicht genommen werden. Die Tafel IV zeigt die Anstalt Oliva im Grundriss, Längs- und Queransicht, woraus die Disposition der Apparate, sowie die Dimensionen derselben und der Ranm des Gebäudes hervorgehen.

Da die Anlage im Maximum für 2000 Flammen à 20 *l* bestimmt ist, so sind die Entwickler für eine stündliche Produktion von 40 *cbm* Acetylen einzurichten. Es sind sechs Entwickler a vorgesehen, von denen zwei als Reserve dienen, während die vier Entwickler bei normalem Betriebe je 10 *cbm* pro Stunde entwickeln können. Im Notfalle wäre aber bei forciertem Betriebe die Leistungsfähigkeit weit höher zu treiben. Da zunächst nur etwa 900 Flammen in Betrieb kommen, so sind erst vier Entwickler aufgestellt, von denen zwei zum Betriebe und zwei zur Reserve dienen. Die Entwickler sind zu je drei an den gegenüberliegenden Wänden des Entwickelungsraumes angeordnet. Zwischen denselben befindet sich eine Bühne, von welcher aus die Bedienung der Entwickler erfolgt. Der Zugang zu dieser Bühne erfolgt einmal vom Innern des Gebäudes aus durch eine Treppe und zweitens durch eine Thür in der Giebelwand durch eine Rampe n. Diese Rampe soll dazu dienen, um die Carbidfässer auf die Bühne heraufzuschaffen. Zwischen je zwei Entwicklern ist ein Kondensator b angeordnet, der an beiden Seiten mit Eckventilen versehen ist, so dass er sowohl mit beiden Entwicklern gleichzeitig als mit einem allein verbunden sein kann. Jedes Entwicklerpaar ist mit einem Wäscher c und zwei Reinigern d verbunden, welche durch Kreuzventile und Rohrumgänge so angeordnet sind, dass jeder Apparat einzeln, sowie alle gemeinsam zu gebrauchen und auszuschalten sind. Hierdurch wird bewirkt, dass die Reinigung und Neufüllung der einzelnen Reinigungsapparate, sowie etwa sich als notwendig ergebende Reparaturen ausgeführt werden können, ohne dass eine Betriebsstörung einzutreten braucht. Das Acetylen gelangt darauf in den gemeinsamen Trockner e, um dann in dem Gasometer f


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA



aufgespeichert zu werden. Der Gasometer, der einen Inhalt von 30 *cbm* hat, ist ausserhalb der Gasanstalt im Freien aufgestellt. Von dem Gasometer gelangt das Gas in den Stationsgasmesser g, Druckregler h und Nachtrockner i, welche in einem Nebenraum des Gebäudes aufgestellt sind. Als Gasmesser wurden ausschliesslich nasse Gasmesser angewendet, da die trockenen sich für Acetylen absolut nicht bewährten. Die drei anderen Nebenräume dienen für Carbidlager, für Wärterzimmer und für den Heizkessel, von dem aus die Heizung der Anstalt mittels Dampf erfolgt. Eine Dampfleitung geht auch in den Gasometer, um das Einfrieren desselben zu verhindern. Sämtliche Nebenräume sind durch eine feste Wand ohne Thüren und Fenster von dem Apparatraum getrennt.

Die Entwickler, sowie die Reinigungsapparate, Gasometer und Druckregler sind mit einem Manometer verbunden. Sämtliche Manometer sind auf einer Tafel an der Wand vereinigt, so dass der Wärter dieselben sofort überblicken und die Funktion der einzelnen Apparate kontrollieren kann.

Die Schlammablasshähne der Entwickler münden in einen Kanal, der in die Kalkgruben m führt. Durch Anordnung von zwei Gruben hat man die Möglichkeit, das Kalkwasser sich vollkommen setzen und nur die klare Flüssigkeit überfliessen zu lassen.

Die Dimensionen des Anstaltsgebäudes sind: Länge 10 *m*, Breite 10 *m*, Höhe 6 *m*. Der Apparatraum nimmt die ganze Länge des Gebäudes ein, bei einer Breite von 6 *m*. Fig. 1 auf Tafel V zeigt den Situationsplan von Oliva mit dem eingezeichneten Rohrnetz, Fig. 2 eine Strasse im Querprofil und Fig. 3 die Unterführung der Leitung an der Brücke. Das von der Gasanstalt führende Hauptrohr hat eine Weite von 100 *mm*, reduziert sich in der Hauptstrasse zunächst auf 90 *mm* und dann in den weiteren Strassenzügen auf 75, 65, 50, 40—32 *mm*. Die einzelnen Strassenzüge sind mittels Schieber ausschaltbar, das Gefälle den natürlichen Terraingestaltungen entsprechend angeordnet, von Zeit zu Zeit sind Syphons eingeschaltet, wofür Kunath'sche Wassertöpfe verwendet wurden. Als Leitungsrohre wurden ausschliesslich geteerte schmiedeeiserne Rohre verwendet, und wurde die Dichtung mit besonderer Sorgfalt ausgeführt und kontrolliert.

Die Strassenlaternen, welche alle 50 *m* weit aufgestellt wurden, sind in allen Teilen so angeordnet, wie es beim Steinkohlengas üblich ist. Als Brenner für dieselben wurden ausschliesslich die der Allgemeinen Carbid- und Acetylengesellschaft geschützten Luftbrenner verwendet. Diese Brenner, welche den gewöhnlichen Gasschnittbrennern in der Form der Flamme sehr ähnlich sind, eignen sich nach den Erfahrungen für die Strassenbeleuchtung sehr gut. Die Flammenform wirkt im Freien sehr günstig und die Haltbarkeit

übertrifft bei weitem alle anderen Systeme. Als Brenner für Hausinstallationen wurde nicht der Luftbrenner, sondern der Zw röhrenbrenner gewählt, welcher sich für Zimmerbeleuchtung bes eignet.

Die auf der Tafel VI gezeichnete Anlage für 1000 Flammen für die Gemeinde Schönsee in Westpreussen von obengenann Firma ausgeführt worden, und an Hand der Zeichnung und d vorhergehenden ausführlichen Erklärung leicht verständlich.

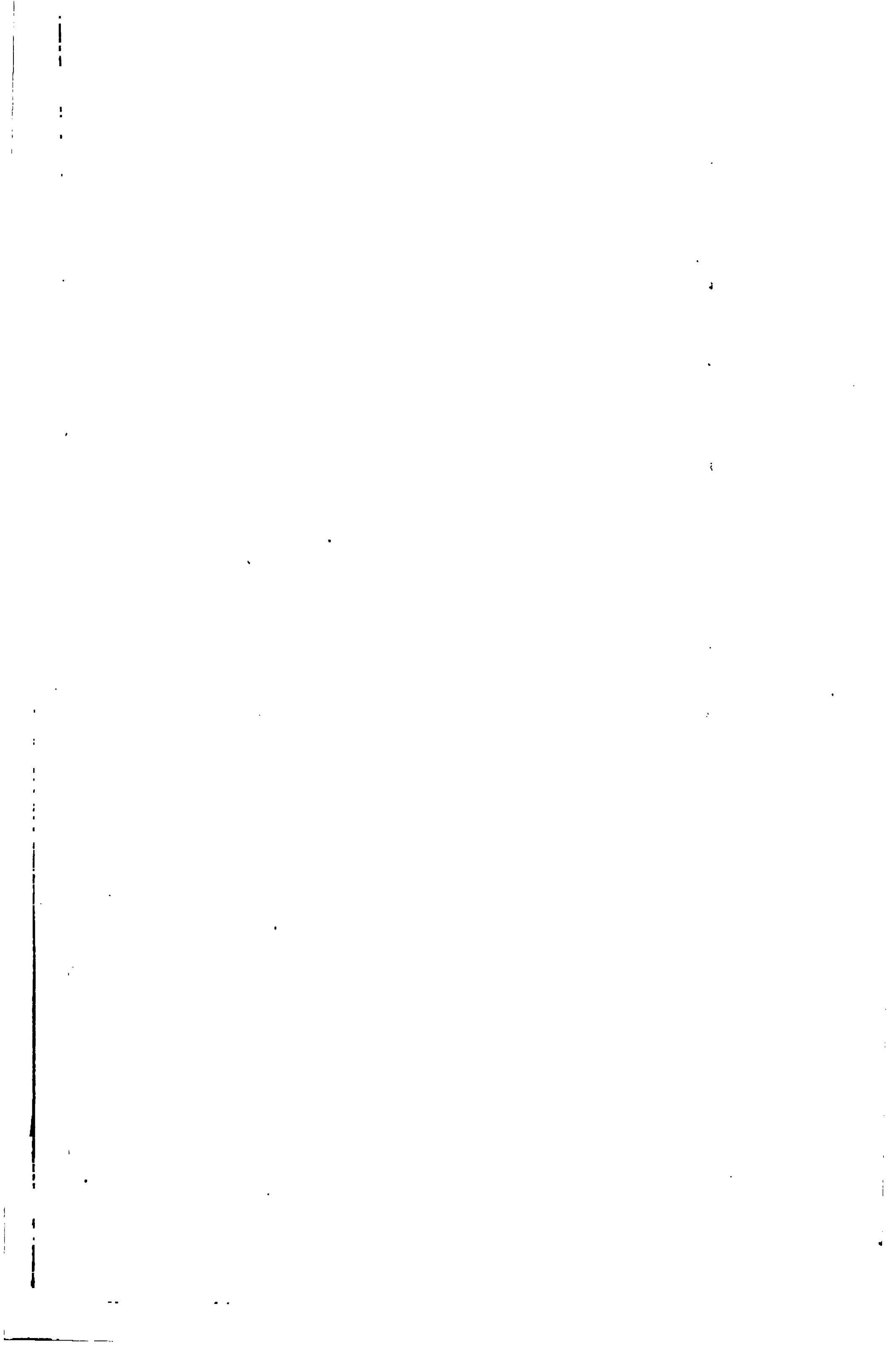
Die erste deutsche Stadt, die öffentliche Acetylenbeleuchtu einführte, war Strelitz in Mecklenburg. Diese Anlage, ausgefü von der »Hera«, Internationale Gesellschaft für Acetylenbeleuchtu in Berlin, besitzt ein Rohrnetz von 9 *km*, bei dem neben Schmied eisenrohr zum Teil auch Mannesmannrohre verwendet worden sin Durch die eigene Dichtungsmethode der »Hera« hat die Gesellsch erreicht, dass pro Stunde in dem gesamten Rohrnetz nur 100 *l* Ga verlust entstehen. Als Reinigungsverfahren gelangte das früh beschriebene von Ullmann zur Benutzung. Es brennen in Streli zunächst 90 Strassenlaternen, ausserdem hat sich eine grössere An zahl Privatabnehmer gemeldet, so dass insgemein etwa 1000 Flamme brennen. Das Innere des Apparatenhauses ist in Fig. 245 ab gebildet.

Am 6. September 1897 wurde die Acetylenbeleuchtungs-Anlage der Schwesterstädte Tata[1])-Tóváros in Ungarn eröffnet. Diese Anlage, von der Acetylengas-Aktien-Gesellschaft bezw. deren technischem Direktor Ingenieur V. Berdenich in Budapest projektiert und ausgeführt, hat insofern ein historisches Interesse, als es die erste grössere Stadtbeleuchtung war, die definitiv zur Ausführung kam. Fig. 246 zeigt den Grundriss der Gaserzeugungsanlage. Die Apparate sind derart angeordnet, dass je zwei Entwickler und je ein Kühler, Reiniger und Trockner und ein Gasometer zu einer selbständigen Gaserzeugungs-Anlage kombiniert sind, so dass also zwei komplette Gaserzeugungs-Einrichtungen zur Verfügung stehen, von welchen jede für sich selbst abwechselnd, oder auch beide zusammen gleichzeitig betrieben werden können. Beide Erzeuger-Garnituren münden dann in ein gemeinschaftliches Hauptrohr bezw. dieses geht durch den Hauptgasmesser, welcher aber erst nach den Kaisertagen eingestellt wurde, ebenso ist der vor Ausgang vom Apparatenhaus in einem Schacht untergebrachte Druckregler ins gemeinschaftliche Hauptrohr eingeschaltet.

Die Entwickler sind nach der in Fig. 121, S. 208 abgebildeten Type gebaut.

---

[1]) Deutsch: Totis.





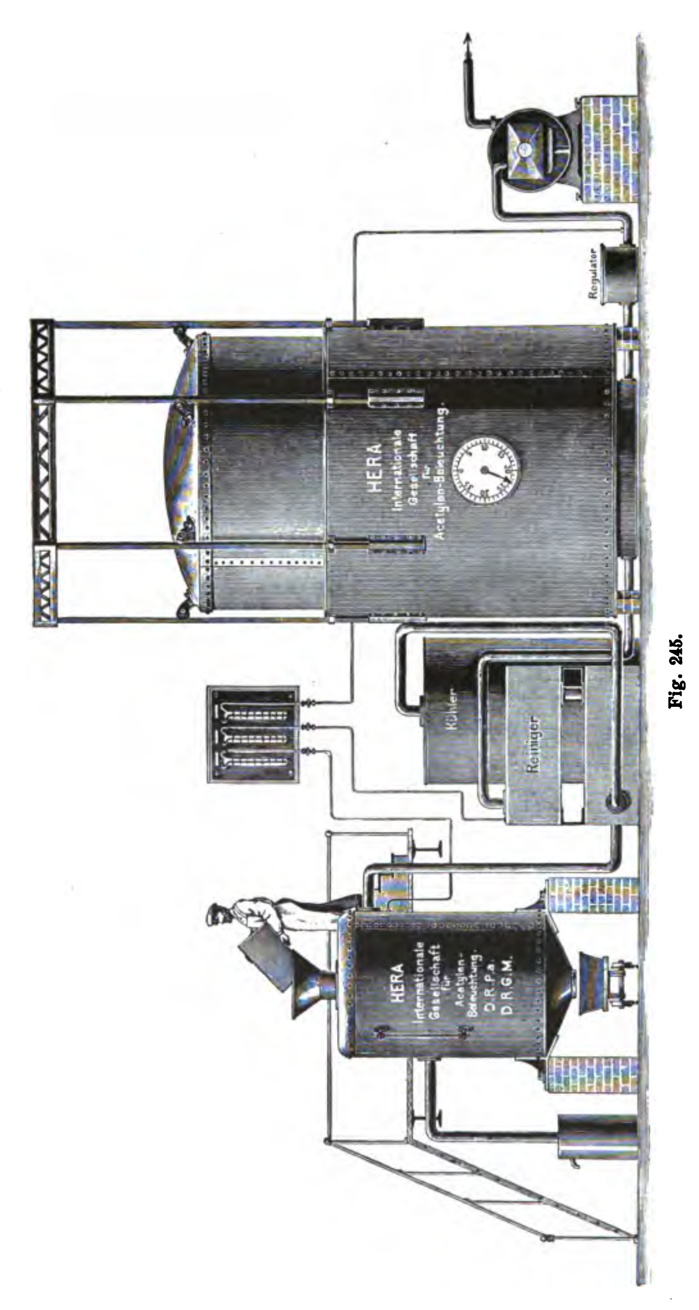

HERA
Internationale
Gesellschaft
für
Acetylen-Beleuchtung.
Regulator
Kühler
Reiniger
HERA
Internationale
Gesellschaft
für
Acetylen-
Beleuchtung.
D.R.P.a.
D.R.G.M.

Fig. 245.

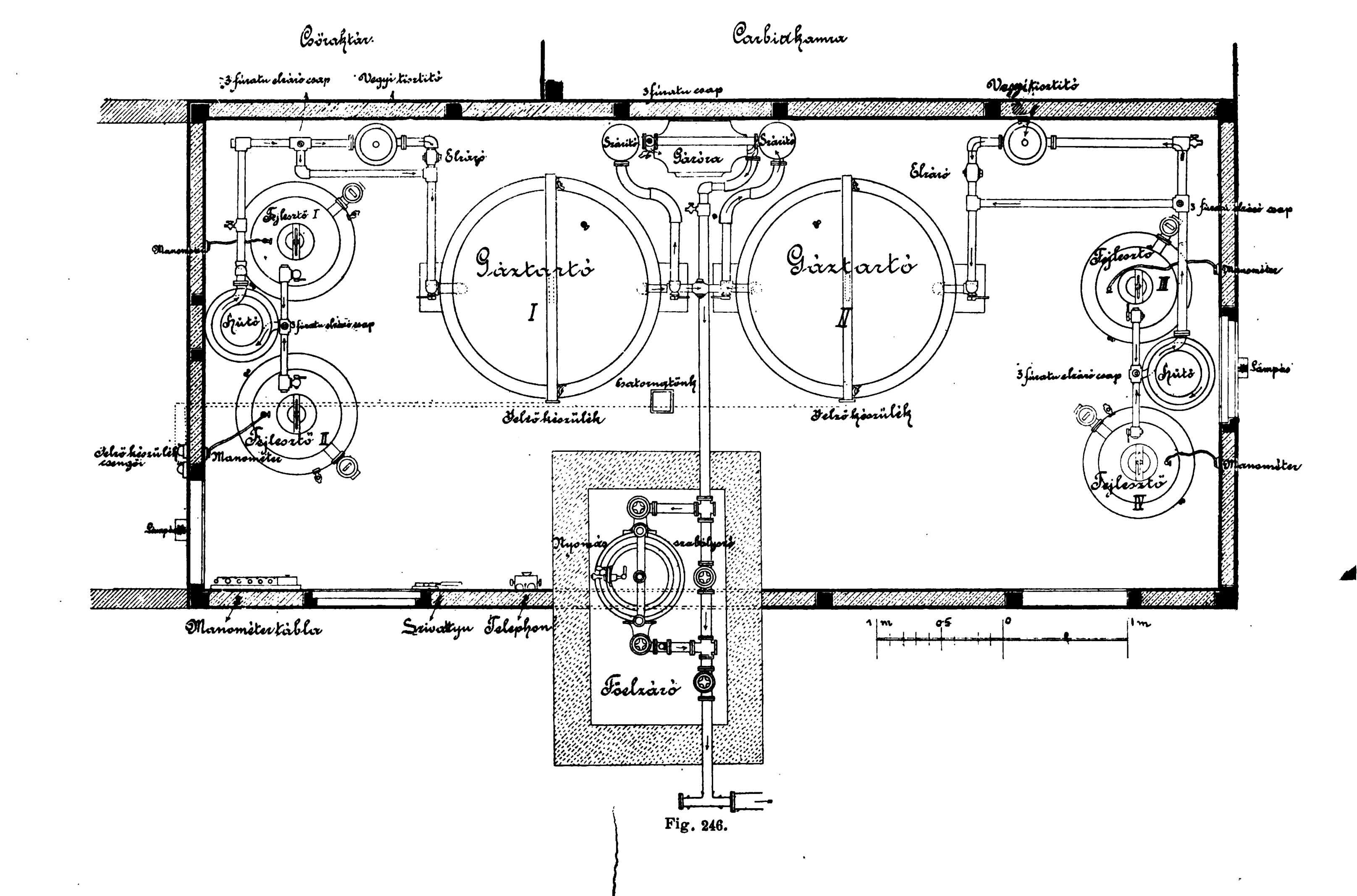

Csőraktár
Carbidkamra
3 furatu elzáró csap
Vegyi tisztitó
3 furatu csap
Vegyi tisztitó
Szárító
Gázóra
Szárító
Elzáró
Elzáró
Fejlesztő I
Manométer
Hűtő
3 furatu elzáró csap
Gáztartó
I
Gáztartó
II
3 furatu elzáró csap
Fejlesztő III
Manométer
Hűtő
Lámpás
Fejlesztő II
Jelző készülék csengői
Manométer
Jelző készülék
Csatornatönk
Jelző készülék
Fejlesztő IV
Manométer
Lámpás
Nyomás szabályozó
Főelzáró
Manométertábla
Szivattyu
Telephon
1 m
0.5
0
1 m

Fig. 246.

Von den Erzeugern geht das Gas durch Schlangenkühler, wo es, infolge Abkühlung, einen Teil der aus den Entwicklern mitgerissenen Wasserdämpfe kondensiert und sonstige eventuelle mechanische Beimengungen ablagert, um dann in den chemischen Trockenreiniger zu gelangen.

Zur Absorbierung des Ammoniaks wurde Eisenchlorür, zur Ausscheidung des Schwefelwasserstoffes Eisensesquioxyd, weiter Eisen- und Kupfersulfat zur Entziehung des Phosphorwasserstoffes und Siliciumwasserstoffes in den Reiniger eingebracht.

Der chemische Reiniger besteht aus einem einfachen Cylinder mit Bleifutter, 80 *cm* hoch und 22 *cm* im Durchmesser, in welchen die Reinigungsmassen schichtenweise eingebracht werden.

Von dem chemischen Reiniger geht das Gas in die Gasometer. Diese hatten einen entsprechenden Fassungsraum von je 3 *cbm*, zusammen also 6 *cbm* — somit zur Speisung von 300 20litrigen Flammen für eine Stunde genügend. — Die beiden Gasometer sind untereinander in der Weise verbunden, dass sie kommunizieren und sich auch beim Betrieb von nur einer Entwicklergarnitur gegenseitig ergänzen. — Die Ein- und Ausströmungsrohre mit 60 *mm* l. W. führen von unten durchs Sperrwasser in den Gasraum der Glocke und sind am tiefsten Punkte mit Kondenshähnen versehen.

Von dem Gasometer führt das Gas durch die Trockner. Dieselben sind auch nur einfache Gusseisencylinder von 570 *mm* Höhe und 170 *mm* Durchmesser, mit verzinntem Etagen-Blechkorb-Einsatz, in welchem Calciumcarbid eingebracht und zur Trocknung des Gases verwendet wird. Diese Methode der Trocknung des Acetylens ist äusserst wirksam, doch ist als Übelstand zu erwähnen, dass bei forciertem Betriebe, wenn nämlich der Entwickler schon stark mit Wasserdämpfen gesättigtes Gas abgiebt und der Kühler nicht genügend kondensiert, das im Trockner befindliche Calciumcarbid rasch zersetzt wird, wobei das hierbei entwickelte ungereinigte Acetylen sich mit dem vom Gasometer kommenden gereinigten Gase mischt. Ausserdem lösen sich Kalkteilchen vom Carbid ab und verunreinigen das Gas. Es empfiehlt sich bei dieser Art der Trocknung deshalb am Ausgang des Trockners ein Filter einzuschalten. Nach dem Trockner strömt das Gas durch den Gasmesser in das Hauptrohr, in welches noch vor Austritt aus der Gaserzeugungs-Anlage ein Druckregulator eingeschaltet ist. Der Haupt-Gasmesser ist ebenso wie alle bei den privaten Installationen verwendeten Gasuhren, ein Patent Haas'scher Trockenmesser von der Firma S. Elster.

Als Druckregulator ist ein Simon Lanz'scher Regler eingestellt. Die Reiniger, ebenso Trockner als auch Gasmesser und endlich auch der Druckregler sind mit Rohrumleitungen in der Weise angeordnet,

dass mittels Schieberstellung im Bedarfsfalle eine Ausschaltung derselben einzeln oder zusammen auch während des Betriebes möglich ist. Jeder einzelne Gaserzeuger ist mit Manometer versehen, damit der Wärter ständig den Druck vor Augen habe. Ebenso sind vor und nach dem Reiniger für den Gasometer, und vor und nach dem Gasmesser Manometer angebracht, deren Zeigerwerke auf einem Tableau vereinigt sind, so dass der Gasmeister die Funktion der einzelnen Apparate leicht kontrollieren kann. Den niedrigsten und höchsten Stand der Gasbehälter-Glocken alarmiert ein elektrisches Läutewerk. — Die Beleuchtung des Apparatenraumes geschieht von aussen, wie auch die Heizung eine indirekte ist. Die Entwickler und deren Kühlwanne, endlich auch die Kühler sind mit Wasserleitung verbunden, die Schlammablasshähne der Entwickler münden in die Kanalisierung, welche den Kalkschlamm in Kalkgruben abführen zur Sedimentierung.

Das Rohrnetz wurde in den Hauptpunkten nach den Regeln der Leuchtgastechnik ausgebaut. Das von der Gasanlage wegführende 250 *m* lange, 100 *mm* weite gusseiserne Hauptrohr ist mit einem in Betonschacht untergebrachten Siphontopf und Hauptabsperrschieber versehen und mit einem Gefälle von 5‰ verlegt. In der Hauptstrasse zwischen den beiden Gemeindegebieten gabelt dasselbe in zwei 80 *mm* weite, separat absperrbare Gussrohrstränge, welche nach links und rechts in die Versorgungsgebiete führen. Das aus 80, 60, 50, 40 und 30 *mm* Röhren — letzte Gattung Schmiedeeisen, sonst alles Gusseisen — bestehende Verteilungsnetz bezw. beide grossen miteinander nur durch den Hauptstrang kommunizierenden Rohrnetzzonen sind möglichst nach dem Ringlaufsystem ausgebildet und laufen für jetzt nur dort todte Stränge aus, wo später die wahrscheinliche Erweiterung zur Herstellung einer Cirkulation führen wird. Die einzelnen Strassenzüge sind mittels Schieber ausschaltbar, das Gefälle den natürlichen Terrain-Gestaltungen entsprechend angeordnet und an den Zusammenläufen vorsichtshalber Siphons eingebaut. Nach 8—10 monatlichem Betriebe ist bisher eine Wasserabscheidung bei regelmässiger Funktionierung und Inanspruchnahme der Anlagen in Acetylenrohrnetzen noch nicht wahrgenommen worden.

Die Rohrdimensionen berechnete Berdenich nach der Formel:

$$d = 11{,}766 \sqrt[5]{\frac{Q^2 \cdot s \cdot l}{h}}$$

bezw. er verwendete zur Bestimmung der Rohrweiten für Acetylen die Monier'sche Tafel für Leuchtgas, dividierte den gefundenen Durchmesser mit 3 und rundete nach aufwärts ab. Die Gesamtlänge des Rohrnetzes beträgt 14,5 *km*.

Die Dichtungen sind nach der bei Steinkohlengas üblichen Methode äusserst sorgfältig vorgenommen. Die Verschraubungen der Schmiedeeisenrohre müssen mit feinem, gut eingeöltem Hanf, gut verarbeitetem Mennige und mit möglichst grosser Überdeckung hergestellt werden, da sonst die Dichtungen sehr rasch austrocknen; gefördert wird dies durch gut getrocknetes Acetylen. Die Gussrohrdichtungen erfordern ebenfalls eine besondere Aufmerksamkeit. Der gut eingeölte Dichtstrick soll möglichst fest eingetrieben werden, worauf dasselbe mit der Bleidichtung geschehen soll. Insbesondere ist bei letzteren Dichtungen zu beachten, dass dieselben nach Anarbeitung nicht längere Zeit den äusseren, wechselnden Temperatureinflüssen ausgesetzt werden, da sich sonst der Bleiring von der Peripherie der Muffe und des Rohrendes mit freiem Auge unbemerkbar ablöst und die kleinsten Haarrisse genügen, um dem Acetylen das Entweichen zu gestatten. Bei dieser Anlage wurden übrigens zum ersten Male die Berdenich'schen Rückschlagventile benutzt, die sich gut bewähren und ein Zurückschlagen der Flamme in die Leitung sowie Verstopfungen vorbeugen sollen. Die Anschlüsse der $^1/_2$" schmiedeeisernen Gasrohre sind durch Anbohren hergestellt. Für 4—5 Flammen sind $^1/_4$", für 10—15 Flammen $^3/_8$", für 60 bis 70 Flammen $^3/_4$" Rohre verwendet.

Die Gesamt-Anlage war mit rund 75000 fl. österreich.-ungar. Währung veranschlagt.

Hiervon entfallen:

auf die Gaserzeugungs-Anlage . . . . 20000 fl.
auf das Tataer Rohrnetz . . . . . 27000 »
auf das Tóvároser Rohrnetz . . . . 20000 »
Rest Diverses.

Das Werk ist als Privatunternehmen angelegt, mit 40jähriger ausschliesslicher Konzession für die öffentliche und private Beleuchtung auf dem Gebiete der beiden 12000 Einwohner zählenden Stadtgemeinden, welche für die als Minimum angenommenen 158 öffentlichen Strassenflammen, bei 1800 Jahresbrennstunden und 20 Kerzenstärken der einzelnen Flammen, 3000 fl. pro Jahr während der ganzen Konzessionsdauer als Minimum bezahlen. Der Preis des Gases für den Privatkonsum ist mit 1,25 fl. pro Kubikmeter festgesetzt.

Der Kostenanschlag eines gleichgrossen Elektrizitätswerkes betrug 135000 fl.

Die Mischung des Acetylens mit anderen Gasen.

Es war naheliegend, dass man bald nach der praktischen Anwendung des Acetylens dessen Mischung mit anderen Leuchtgasen

ins Auge fasste. Die Mischung erfolgt entweder durch Zusammenführen von Acetylen und einem anderen Gase oder dadurch, dass den Rohmaterialien der Carbidfabrikation im bestimmten Mischungsverhältnis Stoffe zugefügt werden, die die Erzeugung eines zweiten Gases neben Acetylen bei der Zersetzung des Calciumcarbids ermöglichen. Die Mischung in letzterem Falle geschieht demnach im Augenblick der gemeinschaftlichen Entwicklung sowohl des Acetylens, als auch des anderen Gases.

Zu Acetylenmischungen wurden bisher verwendet: Luft, Steinkohlengas, Wassergas, Fettgas, Holzgas, Luftgas, Kohlensäure, Methan, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenoxyd.

Der Zweck der Mischungen ist vornehmlich die Erreichung absoluter Explosionssicherheit des komprimierten Acetylens (namentlich für mobile Beleuchtung), ferner Erzielung besserer Verbrennung des Acetylens und sodann Verwendbarkeit für verschiedene industrielle Zwecke. Die Vorteile der Mischungen bestehen in der möglichsten Vermeidung von Russ an den Brennern, Verwendung gewöhnlicher Brenner, Explosionssicherheit im komprimierten Zustande; Nachteile der durch direkte Verbindung hergestellten Mischungen sind umständliche Darstellung, indem man je eine Anlage bezw. Gasbehälter für jedes Gas und einen dritten für die Mischung haben muss, dadurch und durch den Preis des zweiten Gases herbeigeführte Verteuerung, die Mischgasherstellung aus Mischcarbid ist durch die Fabrikation der letzteren unökonomisch. Bisher und wohl auch bis auf absehbare Zeit ist Acetylenmischgas nur für mobile Beleuchtung (Eisenbahnwagen) eingeführt. Die Anwendung von Mischcarbid kommt gegenwärtig noch nicht in Betracht, da dessen Herstellung bezw. dessen Rohstoffe zu teuer sind.

Über die Verwendung von aus Mischcarbid erzeugtem Gas ist bereits S. 265 Näheres mitgeteilt. Inzwischen ist noch ein neues Verfahren von A. Piatti bekannt geworden, das wir der Vollständigkeit halber hier erwähnen, obgleich es kaum einen praktischen Wert hat. Es werden 80 Teile Calciumoxyd, 10 Teile Kolophonium und je 5 Teile Magnesiumkarbonat und Calciumcarbid gemischt und mit Wasser das acetylenhaltige Gas entwickelt. Eine Analyse dieses Gases ergab, dass 1000 l desselben etwa 270 l Acetylen, 392 l andere gesättigte Kohlenwasserstoffe, 314 l gesättigte Kohlenwasserstoffe und geringe Spuren von Kohlensäure und Sauerstoff enthalten.

Über die Mischung von Acetylen mit Luft ist schon wiederholt in vorhergehenden Abschnitten gesprochen worden, insbesondere S. 286. Es kamen jedoch dort immer nur Acetylen-Luft-Gemische in Betracht, die kurz vor oder innerhalb des Brenners im Verhältnis der Verbrennungsmenge des Gases herbeigeführt wurden. Um aber

auch ein grösseres Quantum eines solchen Gemisches herstellen und direkt in die Leitung einführen zu können, hat die »Rotterdamsche Acetylengas Onderneming« in Rotterdam, resp. deren technischer Leiter Beumer, einen Apparat »System Oving« in praktische Verwendung genommen, der in Fig. 247 abgebildet ist und wie folgt funktioniert. Der Apparat hat im Innern zwei um dieselbe Achse rotierende Trommeln H und O, die im Innern einige Schraubenflügel enthalten. In jede der Trommeln H und O tritt in die erste Abteilung eine vertikale Röhre, die Röhre x dient zur Einführung von Acetylen in die Trommel H und die andere Röhre y zur Einführung von Luft in die Trommel O, beide über den Wasserstand N.

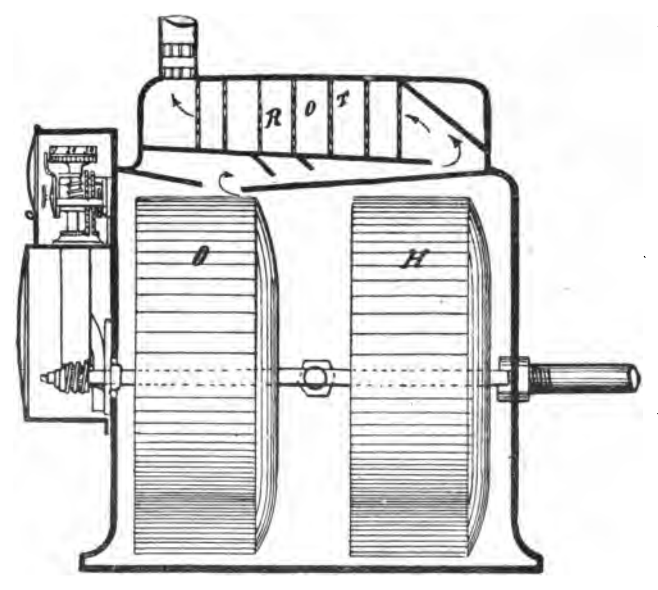


Fig. 247.

Das Wasser wird zu einer gewissen Höhe über die Achse eingeführt, so dass ein bestimmtes Volumen Acetylen und ein bestimmtes Volumen Luft in jeder der beiden Trommeln und im umgebenden Raum des Kastens abgesperrt wird.

Sei nun das Wasser eingefüllt bis zu der normalen Höhe N, dann wird, wenn man die Röhre x mit einem Behälter von Acetylengas unter konstantem Druck verbindet, durch diesen Gasdruck das Niveau des Wassers in Trommel H um eine bestimmte Höhe (sage bis N^1) sinken und in Trommel O um den gleichen Teil steigen (bis N^2). Durch den Gasdruck fangen gleichzeitig die Trommeln H und O an zu rotieren, wodurch die letztere also Luft ansaugt. Durch

diese Drehung tritt aus Trommel H Acetylen und aus Trommel O Luft in den umgebenden Raum, beide in der Proportion, dem Volumverhältnisse der freien (d. h. mit Gas erfüllten) Räume der Trommeln H und O entsprechend. In diesen Raum werden also fortwährend im konstanten Verhältnisse Acetylen und Luft zugeführt. Die beiden Gase strömen durch den Mischapparat R O T zur Röhre D, zu der Hauptleitung. In der Röhre D sind zwei Plattensiebe, welche Röhrchen von 0,5 *mm* Durchmesser enthalten. Hierdurch wird ein Rückschlag im Apparate unter allen Umständen vorgebeugt.

Die Mischung des Acetylens mit Stickstoff hat wohl Bullier zuerst vorgeschlagen.[1]) Er stützte sich hierbei auf das Resultat seiner Studien, das für Gemische von Acetylen und unverbrennlichen Gasen eine viel grössere Leuchtkraft ergab, als für solche Gemische, die neben Acetylen ein brennbares Gas enthalten. Die Leuchtkraft des mit einem verbrennbaren Gase gemischten Acetylens ist nach den Erfahrungen Bulliers umgekehrt proportional der Wärmemenge, die durch die Verbrennung des betreffenden brennbaren Gases erzeugt wird. Die Mischungsverhältnisse des Acetylens und des inerten Gases können je nach den Anforderungen der Praxis verändert werden. Ein für Beleuchtungszwecke günstiges Mischungsverhältnis besteht z. B. aus 50 Teilen Acetylen und 50 Teilen Stickstoff. Bullier untersuchte folgende Mischungen:

Mischungen von Stickstoff mit Acetylen.

1. 90% Stickstoff, 10% Acetylen. Diese Mischung kann kaum zum Brennen gebracht werden; die Flamme ist bläulich, ganz ähnlich dem Blau von Pfaufedern.

2. 85% Stickstoff, 15% Acetylen. Brennbar, aber nicht leuchtend.

3. 80% Stickstoff, 20% Acetylen. Blasse, wenig leuchtende Flamme, mit einer breiten Aureole umgeben.

4. 75% Stickstoff, 25% Acetylen. Kann in Brennern mit breitem Schlitz und in Argand-Brennern verwendet werden; ungünstige photometrische Ergebnisse, welche sich verbessern, wenn der Stickstoff kleine Mengen Sauerstoff aufweist.

5. 70% Stickstoff, 30% Acetylen. Etwas günstiger, als die letzte Mischung (dieselbe Beachtung bezüglich der Reinheit des Stickstoffs).

6. 65% Stickstoff, 35% Acetylen. Dieselben Beobachtungen. Bei den letzten drei Mischungen wurden Versuche angestellt mit dem Pariser Schnittbrenner $^{6}/_{10}$ *mm*, mit dem Bengel-Brenner und mit dem Bray-Brenner Nr. 8.

---

[1]) Bull. de la société chimique de Paris 1898, 646.

7. 60 % Stickstoff, 40 % Acetylen. Diese Mischung liesse sich für Beleuchtungszwecke anwenden, doch giebt sie bedeutend schlechtere Resultate als die folgende Mischung.

8. Im allgemeinen wurde bei Mischungen mit 50—80 % Acetylen 0,67 —0,8 *l* pro Hefnerkerze verbraucht. Dieses Ergebnis variiert bei verschiedenen Brennern mit verschiedenem Gasverbrauch.

Andere Versuche Bulliers bezogen sich auf die Eigenschaften der Mischungen des Acetylens mit Kohlensäure, Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure und ferner Stickstoff, Kohlensäure und Sauerstoff.[1]) Die Ergebnisse waren die folgenden:

Mischungen von Kohlensäure mit Acetylen.

Bei einem Überschuss an Kohlensäure ist das Ergebnis ein ungünstiges, in kleinen Quantitäten scheint die Kohlensäure einen nachteiligen Einfluss nicht zu äussern. Beispiel: Ein Gemisch gleicher Teile Acetylen und Kohlensäure verbrannt in einem Bray-Brenner Nr. 4 bei einem Verbrauch von 84,5 *l* pro Stunde und unter 20 *mm* Druck liefert 21,5 HK, verbraucht also 1,97 *l* pro Stundenkerze; andererseits verbraucht eine Mischung von 80 % Acetylen und 20 % Kohlensäure 0,75 *l* pro Kerze.

Ein Bray-Brenner 000 verbraucht unter 10 *mm* Druck 21 *l* pro Stunde und liefert 1 HK für je 0,81 *l*. Derselbe Brenner giebt mit Stickstoff unter demselben Druck eine Kerzenstärke für 0,73 *l*.

Diese Mischungen könnten zur Eisenbahnwaggon-Beleuchtung gebraucht werden, da Kohlensäure und Stickstoff in diesen Mengen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Falle einer plötzlichen Zersetzung des Acetylens unter erhöhtem Druck bedeutend vermindern.

Mischungen von Wasserstoffen mit Acetylen.

Die Mischungen ergaben verhältnismässig gute Resultate, doch erhöht sich der Gasverbrauch infolge der geringen Dichtigkeit des Wasserstoffes im Vergleich zu den Zahlen, welche bei den vorhergehenden Mischungen unter demselben Druck erhalten wurden.

Durchschnittlich wurde 1 HK für 0,67 *l* erhalten, doch nur mit grossen Brennern, welche nicht unter 80 Stundenliter verbrauchen.

Mischungen von Stickstoff, Sauerstoff und Acetylen.

Die Thatsache, dass die Versuche mit reinem Stickstoff bedeutend niedrigere Zahlen ergaben, als diejenigen, welche mit einem mit etwas Luft verunreinigtem Stickstoff erhalten wurden, führten dazu, um die Ursache dieser Differenzen zu studieren, reinen Stick-

---

[1]) Journ. f. Gasbel. u. Wasservers. 1898, 384.

stoff mit bestimmten Mengen Luft zu mischen. Um klarzustellen, ob die Verminderung des Leuchtvermögens auf der Abwesenheit von Sauerstoff beruhe, wurden zwei Mischungen — die eine mit 5, die andere mit 10 % Sauerstoff — bereitet. Die zweite der Mischungen ist explosiv und also für praktische Zwecke vollständig unbrauchbar.

Eine Mischung von 25 % Stickstoff, 25 % Luft und 50 % Acetylen, oder 45 % Stickstoff, 5 % Sauerstoff und 50 % Acetylen liefert 1 HK für ca. 0,65 *l* bei einem Verbrauch von 85—100 *l*.

Mischungen von 50 % Luft und 50 % Acetylen, oder 40 % Stickstoff, 10 % Sauerstoff und 50 % Acetylen liefert durchschnittlich 1 HK für 0,51—0,6 *l* bei einem stündlichen Verbrauch von 100—110 *l*.

Mischungen von Kohlensäure, Stickstoff und Acetylen.

Um zu ermitteln, ob Rauchgase zur Verdünnung von Acetylen angewendet werden können, wurden Gemische dargestellt, welche 20 % Kohlensäure auf 80 % Stickstoff und 10 % Kohlensäure auf 90 % Stickstoff enthielten. Die Versuche wurden angestellt mit Gemischen, welche nicht brennbares Gas und Acetylen zu gleichen Teilen enthielten.

1. 40 % Stickstoff, 10 % Kohlensäure, 50 % Acetylen. Das mittlere Ergebnis ist 0,88 *l* pro HK bei einem Stundenverbrauch von 100—120 *l*.

2. 45 % Stickstoff, 5 % Kohlensäure, 50 % Acetylen. Die Resultate sind ungefähr dieselben, wie vorher.

Vergleicht man diese Resultate mit den beim reinen Stickstoff erhaltenen, so ergiebt sich ein Nachteil, welcher dem Gehalt an Kohlensäure proportional ist; wollte man also Verbrennungsgase zur Verdünnung von Acetylen anwenden, so sollte man die Kohlensäure vorher möglichst entfernen.

Mischungen von Stickstoff, Kohlensäure, Sauerstoff und Acetylen.

Da der Zusatz von Sauerstoff, die bei Gemischen von Stickstoff und Acetylen erhaltenen Ergebnisse erhöht, so wurde untersucht, ob dieses Resultat auch in dem Falle bemerkbar ist, wo das Gemisch Kohlensäure enthält, wie im vorhergehenden Falle. Es wurden drei verschiedene Mischungen bereitet; zwei davon glichen den vorhergehenden Mischungen insofern, als 10 % Stickstoff durch eine gleiche Menge Luft ersetzt wurden, die dritte Mischung enthielt 25 % Kohlensäure, 25 % Luft und 50 % Acetylen.

1. Das erste Gemisch enthielt 30 % Stickstoff, 10 % Luft, 10 % Kohlensäure, 50 % Acetylen, oder Stickstoff = 38, Sauerstoff = 2, Kohlensäure = 10 und Acetylen = 50. Das mittlere Ergebnis war 0,83 *l* pro HK bei einem Verbrauch von 100—110 *l*.

2. 35% Stickstoff, 10% Luft, 5% Kohlensäure, 50% Acetylen, oder Stickstoff = 43, Sauerstoff = 2, Kohlensäure = 5, Acetylen = 50. Durchschnittlich wurde 1 HK für 0,78 *l* erhalten, bei einem Stundenverbrauch von 100—110 *l*.

3. 25% Kohlensäure, 25% Luft, 50% Acetylen, oder Stickstoff = 20, Sauerstoff = 5, Kohlensäure = 25, Acetylen = 50. Bei einem Stundenverbrauch von 100—110 *l* lieferten durchschnittlich 0,88 *l* 1 HK. Durch Zusatz von Sauerstoff werden also dieselben Resultate erzielt, wie in den vorhergehenden Mischungen.

Aus diesen Ergebnissen ist zu ersehen, dass Mischungen von Acetylen und reinem Stickstoff schlechtere Resultate als reines Acetylen ergeben, Mischungen mit bedeutendem Prozentgehalt von Kohlensäure sind ungünstig, ein geringer Sauerstoffzusatz verbessert jedoch diese Wirkung dieser Mischungen bedeutend. Gute Resultate erhält man nach obigen Angaben mit Mischungen bedeutender Mengen Wasserstoff mit kleinen Mengen Acetylen.

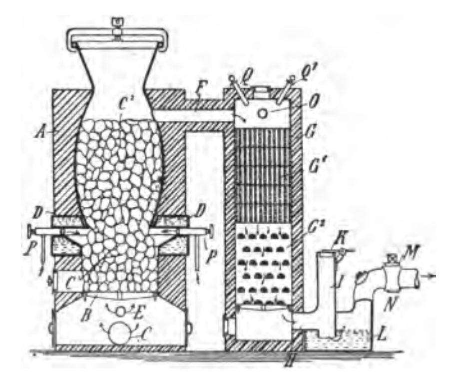


Fig. 248.

Einen neuen Weg in dieser Verwendungsart des Acetylens schlug Lewes ein, indem er Methan mit Acetylen in Verbindung brachte. Lewes äusserte sich eingehend über seine hierauf bezüglichen Arbeiten in einer von Ludwig dem wissenschaftlichen Acetylen-Kongress zu Berlin im März 1898 vorgetragenen Abhandlung.[1]) Der von Lewes für die Erzeugung des Mischgases vorgeschlagene und benutzte Apparat besteht zunächst aus einem nur wenig modifizierten Wassergasgenerator (Fig. 248). Der mit Koks, Anthracit u. s. w. beschickt Gaserzeuger A kann durch Gebläse bis auf Rotglut erhitzt werden. Die hierfür notwendige Öffnung C wird günstig übereinander angebracht um die Verbrennung zu beschleunigen. Durch die an dem wassergekühlten Ring D befindlichen Injektoren P werden Teer oder andere billige Kohlenwasserstoffe eingeblasen. Unter dem Rost B ist noch ein Dampfeinlass E angebracht. Der Kanal F führt zu dem Überhitzer G, dessen oberer Teil aus feuerfesten Steinen G^1 und dessen unterer Teil aus Ingots oder anderen Eisenmassen G^2

---

[1]) Zeitschr. f. Calciumcarbidfabr. u. Acetylenbeleuchtung 1898, Heft 1, S. 3; Heft 2, S. 13; Heft 3, S. 20. Siehe auch Progress. Age 1898, 15, 358.

besteht. Der am Boden des Überhitzers befindliche Auslass H ist mit Rohr I verbunden, das durch Klappe K verschlossen ist. Die Funktion erfolgt nun derart, dass, wenn die aus C^2 entstehenden Verbrennungsprodukte durch F nach G gelangen, nach unten und durch Ventil K hinausgeleitet werden, während Hahn M in Rohr N des Wasserverschlusskastens L geschlossen ist. Bei heller Rotglut der Brennstoffe wird das Gebläse abgestellt und durch O Luft eingelassen, wodurch alles Kohlenoxyd verbrannt und die Erhitzung des Überhitzers bis zur Rotglut getrieben wird. K und alle Lufteinlässe werden nun geschlossen, M geöffnet und Teer oder andere Kohlenwasserstoffe in den Generatorinhalt mittels Dampf eingeführt. Hierbei entsteht einerseits Wassergas, während andererseits der Teer oder sonstige Kohlenwasserstoff in ein Gemisch von Wasserstoff und Methan übergeführt wird. Während dessen wird durch E Dampf in geringen Mengen eingeführt, und das hierbei entstehende Wassergas verhindert ein Festsetzen von Teer im Brennmaterial. Denselben Zweck verfolgen die Dampfeinlässe Q Q^1 in dem Überhitzer. Das aus Wasserstoff, Kohlenoxyd und Methan bestehende Gasgemisch tritt durch NM in den Schrubber a (Fig. 249), woselbst es beim Hoch- und Niedersteigen durch die Kanäle b c durch zerstäubtes Kalkwasser, das aus den Zerstäubern d austritt, gereinigt wird. Durch e gelangt das feuchte Gas durch die Löcher g in den Carbidbehälter f, wo das Carbid durch den dem Gase anhaftenden Wasserdampf zersetzt wird und sich das entwickelte Acetylen mit dem zugeführtem Gase mischt. Daumenscheibe j mit Kegelventil h und Stange i dienen zum Abführen des Kalkschlammes nach k.

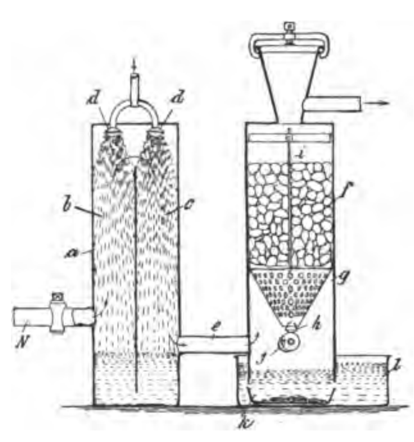


Fig. 249.

Auf diese Weise erhielt Lewes ein leicht verdünnendes, aus 50% Wasserstoff, 30% Methan, 15% Kohlenoxyd und je 5% Kohlensäure, Stickstoff und schweren Kohlenwasserstoffen bestehendes Gas, das pro 1000 *kbf* 65—83 Pfennige kostet und einen Anfangsleuchtwert von 8—10 Kerzen hat. Mischt man damit 5% Acetylen, so erhält man ein Gas von 18—20 Kerzen Leuchtkraft. Das Gas hat das gleiche spezifische Gewicht, wie das Steinkohlengas, dessen Leuchtwert es auch besitzt, und ebenso wie dieses verteilt und verbrannt werden kann.

Durch das beschriebene Verfahren soll hauptsächlich die Acetylen-Fettgas-Mischung ersetzt werden. Ob die Erzeugung des vorgeschlagenen Gases billigere Anlagen wie die für Fettgas erfordern, giebt Lewes nicht an. Uns scheint, dass ein wesentlicher Unterschied hierin nicht besteht.

Die Untersuchungen einer Reihe anderer Mischungen die Lewes gleichfalls studierte, ergaben folgende Resultate:

Acetylen und Wasserstoff.

Acetylen	Wasserstoff	Leuchtwert	Anreicherungswert des Acetylens für 1%
8,3	91,7	—	—
16,3	83,7	18,2	1,11
25,7	74,3	37,0	1,44
26,6	73,4	40,0	1,50
37,7	62,3	62,1	1,65
52,7	47,3	92,0	1,74
78,7	21,3	153,4	1,94
87,7	13,0	177,5	2,04
100,0	—	240,0	2,40

Acetylen und Kohlenoxyd.

Acetylen	Kohlenoxyd	Leuchtwert	Anreicherungswert des Acetylens für 1%
14,3	85,7	—	—
18,3	81,7	8,0	0,43
26,0	74,0	28,1	1,08
37,2	62,8	51,8	1,39
46,3	53,7	74,4	1,60
63,3	36,7	109,6	1,75
79,3	20,7	146,5	1,84
90,0	10,0	187,0	2,05
100,0	—	240,0	2,40

Acetylen und Kohlensäure.

Acetylen	Kohlensäure	Leuchtwert	Anreicherungswert des Acetylens für 1%
26	74	2,8	0,10
32	68	9,4	0,20
45,1	54,9	27,2	0,60
46,0	54,0	28,4	0,61
60,6	39,4	64,1	1,05
79,2	20,8	110,8	1.39
100,0	—	240,0	2.40

Acetylen und Stickstoff.

Acetylen	Stickstoff	Leuchtwert	Anreicherungswert des Acetylens für 1%
4,0	96,0	brennt nicht	—
13,7	86,3	nicht messbar	—
28,5	71,5	19,5	0,68
38,7	61,3	39,0	1,00
46,0	54,0	58,0	1,26
63,0	37,0	98,3	1,56
74,9	25,1	131,1	1,75
100,0	—	240,0	2,40

Hieraus ist zu entnehmen, dass erst die hochprozentigen Mischungen höhere Leuchtkraft entwickeln, bei geringen Beimischungen geht die Leuchtkraft des Acetylens verloren. Zu der Acetylen-Kohlensäure-Mischung ist bemerkenswert, dass Dewar die kritische Temperatur dieser Mischung mit 41,8° feststellte, während die kritische Temperatur der Kohlensäure bei 31° und diejenige des Acetylens bei 37° liegt. Kuenen fand hingegen die kritische Temperatur dieses Gemisches zwischen denen der Gase liegen.

Mit Bezug auf den Lewes'schen Vorschlag der Wassergaskarburierung mittels Acetylen sei übrigens bemerkt, dass Strache diese Anreicherung verwirft.[1])

Es bleibt uns mit Bezug auf die Acetylen-Mischgase nun noch das Fettgas zu besprechen, das einzige Gas, das bis jetzt thatsächliche Verwendung für Acetylenmischungen gefunden hat.

In dieser Beziehung sind vom Oberingenieur H. Gerdes von der Firma Julius Pintsch umfangreiche Versuche angestellt worden, die namentlich auf eine Verbesserung der Eisenbahnwaggon-Beleuchtung hinzielten und deren Resultate im folgenden mitgeteilt sind:

Die nachstehende Tabelle zeigt zunächst die verschiedenen in Betracht kommenden Mischungsarten des Acetylens mit Fettgas, das heisst mit verschieden hohem Prozentsatz Acetylenzusatz, desgleichen von Gemischen von Acetylen mit Steinkohlengas, wie sie bei den Versuchen zur Verwendung kamen. Die Anwendung einer Mischung von Acetylen mit Luft stellt Gerdes ausser Betracht, weil darin eine noch grössere Gefahr liegt, als wenn man reines Acetylen allein verwendet, weil der Entflammungspunkt von Acetylen mit über 35% Luft nach Le Chatelier in grossen Räumen bei 480° C. liegt.

Bei der Mischung von Acetylen mit Fettgas stellte sich nun heraus, dass besonders das weniger gute Fettgas — wie dies aus

[1]) Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 1898, 34.

der Tabelle ja auch hervorgeht — in der ersten Zeit, schon bei Beimischung bis zu 20% Acetylen, enorm an Leuchtkraft — etwa das Dreifache — zunimmt. Die Aufbesserung der Leuchtkraft ist in der Tabelle für jeden einzelnen Brenner angegeben, weil sich dafür keine allgemeinen Normen aufstellen lassen, so ist zum Beispiel ein kleiner Brenner für ein leichteres Gas schlechter, als die grösseren Brenner, während man grosse Brenner für schweres Gas gar nicht verwenden kann.

Photometrische Versuche mit reinem Acetylen und seinen Mischungen mit anderen Gasen.

	Brennsorte	Brenner-Nummer	Gasdruck in *mm*	Gasverbrauch pro Stunde in Litern	Hefner-Kerzen	Gasverbrauch pro Stunde und Kerze in Litern	Gasverbrauch pro Stunde und Kerze im Mittel in Litern	Verhältnis der Lichtstärke des Mischgases zum reinen Fettgas	Bemerkungen
Fettgas (rein) auf 10 Atm. komprimiert	Bray-Brenner	0 0	34	73,5	16,6	4,42	7,66		Die Mischungen erfolgten durch Ablesen des Manometers.
		0 0 0	30	48	6,89	6,96			
		0 0 0 0	28	39	3,26	11,6			
	Fettgas-Zweilochbrenner	15	21	19	1,6	11,80	7,11		
		30	14	21,5	2,94	7,31			
		40	15	33	6,7	4,92			
		60	25	60	13,4	4,40			
90 % Fettgas, 10 % Acetylen	Bray-Brenner	0 0	34	73	34,7	2,10	3,31	2,09	
		0 0 0	30	48,5	15,3	3,17		2,22	
		0 0 0 0	28	36	7,7	4,66		2,36	
	Fettgas-Zweilochbrenner	15	21	17,5	3,6	4,86	3,24	2,25	
		30	13	21	6,7	3,13		2,27	
		40	15	33	12,6	2,61		1,88	
		60	25	62	26.6	2,33		1,98	
80 % Fettgas, 20 % Acetylen	Bray-Brenner	0 0	42	82	56,2	1,45	2,02	3,38	
		0 0 0	35	54	28,2	1,91		4,92	
		0 0 0 0	35	43,3	16	2,71		4,90	
	Fettgas-Zweilochbrenner	15	24	21	7,25	2,89	2,06	4,53	
		30	15	22	10,5	2,09		3,57	
		40	16	33,5	20,2	1,65		3,01	
		60	33	73	45,2	1,62		3,37	
70 % Fettgas, 30 % Acetylen	Bray-Brenner	0 0	55	92	59,9	1,54	1,83	3,60	
		0 0 0	44	60	34,5	1,75		5,00	
		0 0 0 0	40	42,5	19,3	2,20		5,92	
	Fettgas-Zweilochbrenner	15	24	19	8,52	2,23	1,87	5,32	
		30	16	22	11,6	1,89		3,94	
		40	15	33,5	19,4	1,72		2,89	
		60	33	69,5	42,5	1,63		3,17	
60 % Fettgas, 40 % Acetylen	Bray-Brenner	0 0	55	83,7	66,1	1,27	1,43	3,98	
		0 0 0	44	58	40,25	1,19		5,26	
		0 0 0 0	40	45	24,5	1,84		7,51	
	Fettgas-Zweilochbrenner	15	24	19	10,27	1,85	1,59	6,41	
		30	16	21,5	13,5	1,59		4,59	
		40	15	33	21,9	1,5		3,26	
		60	31	68,25	47,5	1,43		3,54	

	Brennsorte	Brenner-Nummer	Gasdruck in *mm*	Gasverbrauch pro Stunde in Litern	Hefner-Kerzen	Gasverbrauch pro Stunde und Kerze in Litern	Gasverbrauch pro Stunde und Kerze im Mittel in Litern	Verhältnis der Lichtstärke des Mischgases zum reinen Fettgas	Bemerkungen
50 % Fettgas, 50 % Acetylen	Bray-Brenner	0 0	55	89,66	68,55	1,31	1,41	4,12	Die Mischungen erfolgten durch Ablesen des Manometers.
		0 0 0	45	57	40,25	1,41		5,84	
		0 0 0 0	40	42,5	28,2	1,51		8,65	
	Fettgas-Zweilochbrenner	15	25	20,5	10,8	1,89	1,57	6,75	
		30	16	23	13,8	1,67		4,69	
		40	16	35	24,1	1,45		3,59	
		60	31	63	49,5	1,27		3,69	
Acetylen (rein)	Bray-Brenner	0 0	85	103	1,67	0,61	0,61	10,06	
		0 0 0	85	73,5	1,26	0,58		18,28	
		0 0 0 0	85	57	88,5	0,64		27,14	
	Fettgas-Zweilochbrenner	15	29	19	23,8	0,79	0,81	14,87	
		30	18	21,5	26	0,82		8,84	
		40	—	—	—	—		—	
		60	—	—	—	—		—	

	Brennsorte	Brenner-Nummer	Gasdruck in *mm*	Gasverbrauch pro Stunde in Litern	Hefner-Kerzen	Gasverbrauch pro Stunde und Kerze in Litern	Gasverbrauch pro Stunde und Kerze im Mittel in Litern	Bemerkungen
70 % Steinkohlengas, 30 % Acetylen	Fettgas-Zweilochbrenner	15	50	26,5 –27	2,71—3,4	7,94—9,78	8,86	Die Mischungen erfolgten durch Ablesen des Manometers
		30	30—35	32,25—36,25	5,82—5,87	5,54—6,17	5,85	
		40	30	40 –46,5	10,83—13	3,54—4,29	3,91	
		60	25	59 –62	19,5 —21,5	2,74—3,18	2,96	
		X	12	31,5 –36	11,8	2,67—3,05	2,86	

Die photometrischen Versuche sind ganz besonders unter Berücksichtigung der bis jetzt allgemein bei der Eisenbahnwaggon-Beleuchtung zur Verwendung gelangenden Brenner vorgenommen worden, ohne dass dazu besondere Brenner ausgesucht wurden.

Jeder Brenner wurde nur so eingestellt, dass derselbe eine volle Flamme gab, ohne Rücksicht auf den Druck, mit dem das Gas ausströmte, und ungeachtet des Umstandes, ob diese Flammengrösse vielleicht die günstigste Stellung zum Gasverbrauch und zur Leuchtkraft war.

Vielleicht ist es möglich, für die verschiedenen Mischungsarten noch vorteilhaftere Brenner anzufertigen.

Man wird ferner aus der Tabelle ersehen, dass die Beimischung eines höheren Prozentsatzes Acetylen zu Fettgas verhältnismässig nicht mehr dieselbe günstige Aufbesserung an Leuchtkraft mit sich bringt. — Bedenkt man nun ferner, dass ja gerade das weniger

gute Fettgas, das man jetzt vielfach bekommt, der Aufbesserung zuerst bedarf und dass gerade der Brenner Nr. 40, welcher am meisten zur Verwendung gelangt, schon bei einer Beimischung von 20% Acetylen eine Aufbesserung der Leuchtkraft — das Dreifache — ergiebt, so sollte man wohl meinen, dass eine solche Aufbesserung der Leuchtkraft als ein ganz gewaltiger Fortschritt anzusehen ist.

Kostenberechnung. Rechnet man bei den jetzigen Carbidpreisen 1 *cbm* Acetylen in komprimiertem Zustande 2 Mark und 1 *cbm* Fettgas zu 40 Pfg., so kostet die reine Fettgasflamme im Brenner Nr. 40 (minderwertiges Gas vorausgesetzt) bei einem Konsum von 4,92 *l* pro Kerze und Stunde = 0,197 Pfg.

Fettgas mit 20% Acetylenbeimischung kostet pro 1 *cbm* bei obigen Preisen = 72 Pfg. und man gebraucht im Brenner Nr. 40 nur 1,65 *l* dieses Gasgemisches pro Kerze und Stunde, sodass in diesem Falle die Beleuchtung pro Kerze und Stunde nur 0,12 Pfg. beträgt.

Mischgas von 20% Acetylenbeimischung ist also billiger als die Verwendung minderwertigen Fettgases allein.

Mischgas, zusammengesetzt aus 50 Volumenprozent Acetylen und 50 Volumenprozent Fettgas, kostet 1 Mark 20 Pfg. pro 1 *cbm*. Der Brenner Nr. 40 hat damit die 3,4 fache Leuchtkraft als mit reinem Fettgas und die Stundenkerze kostet in diesem Brenner, wenn man 1,45 *l* pro Kerze und Stunde verbraucht = 0,174 Pfg. — Ist 1 *cbm* Acetylen erst für 1 Mark herzustellen, so wird die Rechnung für Beimischung von Acetylen natürlich wesentlich günstiger als vorausgeführt.

Nimmt man statt des weniger guten ein gutes Fettgas für die Beimischung mit Acetylen, so erfolgt die Aufbesserung des Leuchtstoffes nicht in dem Maasse, dass man damit die dreifache Leuchtkraft der Anfangsleuchtkraft des reinen, guten Fettgases erzielt. — Immerhin hebt die Beimischung von 20% Acetylen auch die Leuchtkraft des besten Fettgases mindestens noch um das Doppelte!

Aus Vorgesagtem dürfte hervorgehen, dass durch die Beimischung von Acetylen zu Fettgas selbst bei den heutigen hohen Preisen des Calciumcarbids keine Mehrkosten entstehen, wenn man die Leuchtkraft des erhaltenen Gemisches der Berechnung zu Grunde legt.

Es ist aber dadurch ein Mittel gegeben, auch selbst in den einfachen Waggonlampen ohne jede Änderung ein vorzügliches Licht zu erhalten, und ist man selbstverständlich bei den besseren Laternen imstande, die jeweilig gewünschte Leuchtkraft mit Leichtigkeit zu erzielen.

Die erste Anlage zur Herstellung des Acetylen-Fettgas-Gemisches errichtete die Firma Jul. Pintsch für die preussische Staats-

bahn-Verwaltung auf der Station Grunewald unmittelbar bei Berlin. Nachdem die längeren Versuche mit dieser Anlage zufriedenstellend ausfielen, entschloss sich das Ministerium zur allgemeinen Einführung des Mischgases zur Beleuchtung der Eisenbahnwagen und bestimmte das Verhältnis mit 75% Fettgas und 25% Acetylen. Die hierfür entstehenden Kosten betragen 400000 Mark, gegenüber 20 Millionen im Fall Einführung gleicher elektrischer Beleuchtung.

In Fig. 250 und 251 bringen wir den Längsschnitt und Grundriss einer solchen Anlage zur Anschauung.

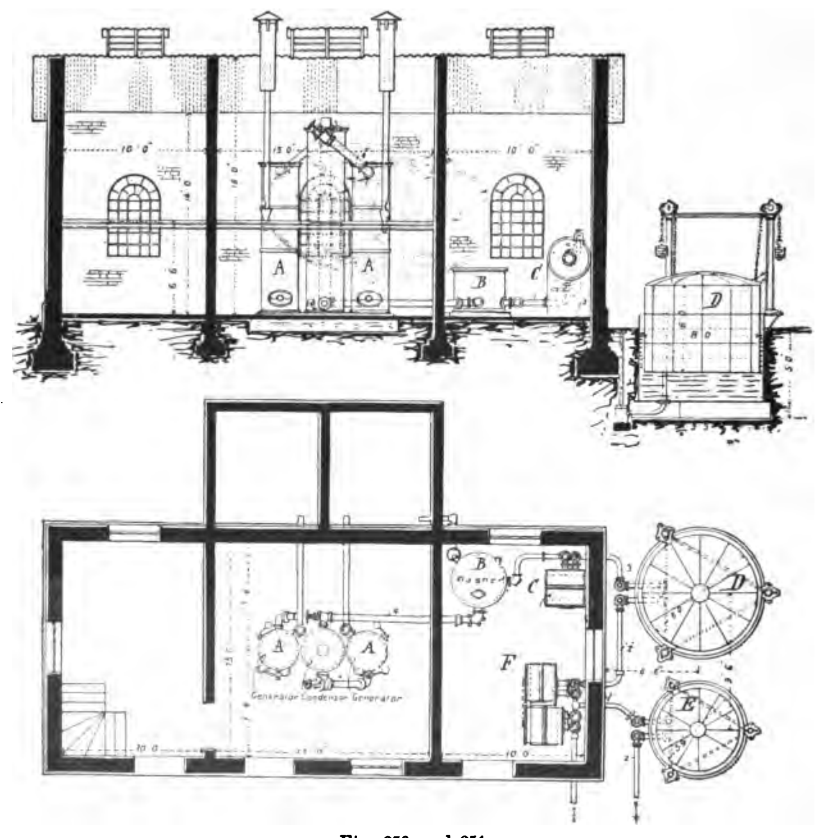


Fig. 250 und 251.

Als Entwickler für Acetylen kommt der in Fig. 236 bereits skizzierte Apparat mit Handbetrieb in Betracht, der natürlich noch alle in der Praxis nötigen Vorrichtungen erhält, die zu einem glatten Betriebe erforderlich sind. Einer der in der Zeichnung sichtlichen Entwickler dient als Reserve. Vom Entwickler gelangt das Gas


LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY
OF
CALIFORNIA



durch ein Rohr von 100 *mm* l. W. in den Kondensator und durch Wäscher B und Gasmesser C in den Gasbehälter D. Von diesem wird dem einen der beiden Mischer F das Acetylen, dem anderen das Fettgas zugeführt. Das letztere geschieht durch eine in der Zeichnung nicht vorhandene Gaspresspumpe, deren Saugventile mit dem Ausgange des Ölgasbehälters, als auch dem des Acetylenbehälters verbunden sind. Die Mischer bestehen aus nassen Gasmessern bekannter Konstruktion, deren Grösse so bemessen ist, dass das Fettgas und das Acetylen im richtigen Verhältnis abgemessen wird. Die Gasuhren sind jedoch dahin abgeändert, dass bei jeder die Trommelwelle durch den Vorderboden verlängert ist; die Lagerung der Welle geschieht in einer Stopfbüchse. Auf der Verlängerung der Trommelwellen wird bei jedem Gasmesser ein Kettenrad aufgekeilt, dessen Durchmesser aus dem Trommelinhalt der Uhr sowie dem vorgeschriebenen Mischungsverhältnis bestimmt wird. Verbindet man dann beide Räder durch eine Gall'sche Gelenkkette, so wird sich der Gang der Uhren gegenseitig stets so beeinflussen, dass durch die Pumpe unter allen Umständen stets das richtige Gasgemisch angesaugt werden muss. Da die ruckweise Saugewirkung der Pumpe ein Schwanken des Wasserstandes der Uhren zur Folge haben würde, ist in die von den Uhren zur Pumpe gehende Saugeleitung ein Schlagfänger ein geschaltet, der mit elastischer Membran und Federbelastung versehen ist. Durch diese Einrichtung wird die ruckweise Wirkung der Pumpe in Bezug auf die Mischuhren aufgehoben.

Die Kompression und Aufspeicherung des Mischgases geschieht in der gleichen Weise wie bei den Ölgasanstalten der preussischen Staatsbahnen.

Durch ein Ableitungsrohr wird das Mischgas dem Gasbehälter E zugeführt, von dem es die Kompressoren entnehmen, und mit 10 Atmosphären Druck in die unter den Eisenbahnwagen aufgehangenen Verbrauchscylinder pressen, von wo es unter einem Drucke von 20 *mm* zu den Brennern gelangt. Die Flammen in den einzelnen Wagen sind so reguliert, dass ihr Verbrauch an Mischgas derselbe ist, wie der frühere Konsum an reinem Ölgas; die Verbesserung der Beleuchtung, welche durch die Zumischung des Acetylens erreicht wurde, ist gegenüber Ölgas mehr als die dreifache.

Die beigeheftete Tafel VII zeigt eine komplette Mischgasanlage für Acetylen und Fettgas nach einem Entwurf der Allgemeinen Carbid- und Acetylen-Gesellschaft m. b. H. in Berlin für 30% Acetylen und 70% Fettgas, die nach dem Vorhergesagten und an Hand der Zeichenerklärung ohne weiteres verständlich ist. Die

Tafel veranschaulicht in vollständig übersichtlicher Weise die Gewinnung der beiden Gase, die Anordnung der Apparate und den gesamten Gang der Mischung und Aufspeicherung des Mischgases. Die Gesellschaft hat bereits Mischgasanlagen zu voller Zufriedenheit ausgeführt.

Mischung des Acetylens mit Steinkohlengas. Das reine Steinkohlengas ist im kleinen Fettgasbrenner gar nicht photometrisch messbar, weil es mit blauer Flamme brennt, aber bei einer Beimischung von 30 Volumenprozent Acetylen ist eine erhebliche Leuchtkraft-Aufbesserung in den verschiedenen Fettgasbrennern zu konstatieren, worüber näheres aus der vorerwähnten Tabelle zu ersehen ist.

Es geht ferner aus dieser Tabelle hervor, dass man durch Verwendung eines Gasgemisches, welches aus 30 Volumenprozent Acetylen und 70 Volumenprozent Steinkohlengas zusammengesetzt ist, eine ebenso hohe Leuchtkraft erreicht, als wenn man Fettgas verwendet.

Wenn man den Preis von Acetylengas mit 2 Mark und den Preis von Steinkohlengas mit 20 Pfg. pro Kubikmeter annimmt, das heisst

	0,3 *cbm*	× 200 Pfg.	= 60 Pfg.	
und	0,7 »	× 20 »	= 14 »	
so kostet	1,0 *cbm*	Gemisch	= 74 Pfg.	

Somit stellen sich bei einem Gemisch von 30% Acetylen zu 70% Steinkohlengas die Kosten pro Brennerstunde und Kerze auf rund 0,3 Pfg., wenn man einen Gasverbrauch von 4,1 pro Kerze und Stunde zu Grunde legt, was nach den Versuchen zulässig zu sein scheint, gegen 0,197 Pfg. bei Verwendung von Fettgas allein und 0,12 Pfg. bei Verwendung eines Gemisches von 80% Fettgas und 20% Acetylen.

Wenn also die Eisenbahn ein Gemisch von Steinkohlengas und Acetylen benutzt, so könnte dieselbe an solchen Stellen, wo jetzt schon Steinkohlengas vorhanden, durch Acetylenentwickler und eine Kompressionsanlage in einfachster Weise eine Füllstation für Eisenbahnwaggons errichten und dieselbe Beleuchtung erzielen, wie bisher etwa mit reinem Fettgas.

Das Karburieren des Steinkohlengases mit Acetylen für Städteanlagen ist als aussichtslos aufgegeben, solange die heutigen Carbidpreise bestehen. Nach E. Schilling[1]) erfordert die Aufbesserung von 1000 *cbm* Steinkohlengas um 4 Kerzen 53,5 *kg* Calciumcarbid, an Benzol hingegen nur 16 *kg*. Da der Preis des Benzols pro Kilogramm ca. 30 Pfg. beträgt, so erscheint von vornherein Acetylen als Karburationsmittel ausgeschlossen, denn der Carbidpreis müsste erst auf etwa ein Drittel des heutigen sinken, um einen Preisausgleich mit Benzol zu gewinnen. V. Lewes giebt

[1]) Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 1895, 38, S. 243.

die Beimischung von Acetylen zum Steinkohlengas auf 15% an, um eine Leuchtkrafterhöhung von 20 Kerzen zu erreichen. W. Hempel[1]) konstatierte, dass zehnkerziges Steinkohlengas bei 150 *l* Konsum pro Stunde bei folgenden Acetylenzuführungen die beigefügte Leuchtkrafterhöhung ergab:

Hinzugefügtes Acetylen %	5	10	17	30	66	70	73,3	100
Leuchtkrafterhöhung in HK . .	12	14,5	28	58	111	126	171	240

Schliesslich ist noch ein ganz kürzlich bekannt gewordener Vorschlag zu erwähnen, der bei der Metropolitan Gas Company in Southwark (London) eingebracht wurde, um Gas, welches durch trockene Destillation aus Müll, Kloakenstoffen, Petroleum, Öl und Holzabfällen, eventuell unter Zusatz von Kohle, sowie aus anderen organischen Stoffen gewonnen worden ist, und das meist geringe Leuchtkraft und grossen Kohlendioxydgehalt besitzt, mit Acetylen anzureichern und hierdurch, sowie durch Entziehung von Kohlensäure die Leuchtkraft desselben zu erhöhen und eine Reinigung herbeizuführen. Die Karburierung des Gases soll mittels eines Gemisches von Calciumcarbid mit krystallwasserhaltigen Salzen, zum Beispiel mit Alkalikarbonaten, namentlich mit Krystallsoda geschehen. Das Verhältnis der Mischung von Calciumcarbid mit den krystallwasserhaltigen Salzen kann schwanken; man verwendet im allgemeinen vorteilhaft etwa auf drei Teile Calciumcarbid fünf Teile des krystallwasserhaltigen Salzes. Die Grösse des Karburators und die Menge des Karburationsgemisches wird der Menge des durch trockene Destillation von Müll, Kloakenstoffen u. s. w. gewonnenen Gases und der gewünschten Leuchtkraft angepasst. Bei einer Gaserzeugung von 5 *cbm* pro Stunde benutzt man zum Beispiel 30 *kg* Calciumcarbid und 50 *kg* Soda und reicht damit 4—5 Tage aus. Weitere Resultate sind bisher nicht bekannt geworden.

Die Verwendung des Acetylens zum Betriebe von Motoren.

Die Versuche über die Benutzung des Acetylens für Kraftzwecke sind verhältnismässig in geringem Umfange ausgeführt worden. Von den wenigen Mitteilungen über solche Untersuchungen sind die meisten nach sorgfältiger Nachrechnung unrichtig und in der Regel auf zu kurzen Versuchen beruhend. Doch nach allem gelangt man zu der Überzeugung, dass für Acetylengas eine ganz neue Konstruktion von Motoren notwendig sein dürfte. M. Ravel in Paris, ging bei seinen Versuchen[2]) von der Voraussetzung aus, dass ein Gemenge von

[1]) Dingl. polyt. Journ., Bd. 296, S. 115.
[2]) L'Eclair. électr., A. IX, 526, 1896.

1,35 Acetylen und 1 Luft explosiv zu werden beginnt. Mit wachsendem Luftgehalte steigt die Explosivkraft und hat sie bei zwölf Teilen Luft zu einem Teil Acetylen ihr Maximum erreicht. Bei fortgesetztem Luftüberschusse nimmt die Explosionskraft ab und verschwindet bei einer 20fachen Luftmenge. Nach Le Chatelier beträgt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flamme dieses Gases 0,18 *m* in der Sekunde für ein Gemenge von 2,9% Luft. Bei 8% steigt dieselbe auf 5 *m* und bei 10% erreicht sie mit 6 *m* in der Sekunde ihr Maximum, welches wesentlich höher ist als es ein Gemenge von zehn Teilen Steinkohlengas auf 100 Teile Luft aufweist. Die Entzündungstemperatur liegt bei 480° C., also viel niederer als jene anderer explosibler Gase, welche hierfür im Mittel 600° C. aufweisen. Acetylengemenge sind sehr leicht entzündbar, wenn sie in einem Rohr eingeschlossen sich befinden, und dieses Rohr an irgend einer Stelle erhitzt wird. Die Verbrennungstemperatur ist bedeutend höher als bei anderen Gasen. Mit einem Volumen Sauerstoff verbrannt, resultiert eine Temperatur von rund 4000° C., also um 1000° C. mehr als die Knallgasflamme liefert.

Lothar Meyer wies in der »Sociéte technique de l'industrie du Gaz en France« auf die gefährliche Natur der explosiblen Acetylengemenge hin. Er meint, dass dieses Gas eine geringere Menge Wasserstoff als die anderen Kohlenwasserstoffe enthält, da die Verbrennung des Gemenges weniger Wasserdampf und mehr Kohlensäure liefert. Ein Umstand, der in Verbindung mit der überaus hohen Verbrennungstemperatur imstande ist, die ausserordentliche Energie zu erklären, welche durch die Explosion durch Acetylen geleitet wird.

Für die Versuche wurde ein Apparat des Ingenieurs V. Fournier verwendet, der einer der praktischsten auf diesem Gebiete zu sein scheint. Er besteht aus dem Generator, einer Art cylindrischen dichten Büchse, in welcher das Calciumcarbid eingeschlossen sich befindet. Dieser Generator ist auf der Glocke eines kleinen Gasbehälters angebracht und steht mittels Rohres mit letzterem in Verbindung. Ein Reservoir mit luftfreiem Wasser befindet sich etwas über dem Spiegel des Behälters. Ein Kautschukrohr verbindet beide Gefässe.

Durch das Öffnen des Wasserhahnes tritt Wasser an das Calciumcarbid und das erzeugte Acetylen entweicht unter Entwickeluug grosser Hitze und füllt die Glocke, bis diese bei einer gewissen Füllung automatisch die Gaserzeugung unterbricht. Der Gasdruck betrug 160—165 *mm* Wassersäule.

Als Versuchsmotor diente ein Ravel-Gasmotor, erzeugt durch die »Compagnie parisienne« des moteurs; er ist ein Zweitakt-Motor mit Kompression von 2,5—3 Atmosphären. Die Entzündung erfolgt

elektrisch und ist derart eingerichtet, um an beliebiger Hubstelle einzutreten. Ein sehr genauer Gasmessapparat wurde aus dem Motor in die Leitung eingeschaltet. Ursprünglich bestand die Absicht, nur Acetylen zu untersuchen; es zeigte sich aber als wünschenswert, Vergleiche mit anderen Gasarten durchzuführen. Der Motor wurde mit Acetylen, gewöhnlichem und karburiertem Gase bedient. Um Fehler, die aus dem Motor herrühren könnten, zu vermeiden, wurden nach jeder Serie mit Acetylen auch Diagramme von Leuchtgas genommen. Diese graphische Darstellung sprach deutlicher als Zahlen. Es wurde eine Reihe von Neuversuchen behufs Erkenntnis gewisser Eigenschaften des Acetylengases durchgeführt. Die ausserordentlich heftigen und stossweisen Explosionen des Acetylens waren sehr überraschend. Die Gefahren, Gasentweichungen mittels offenem Lichte aufzusuchen, sind für Acetylen unvergleichlich höher als für gewöhnliches Gas. Die Entzündungsflamme des Gases bei einem Drucke von ca. 100 *g* ist gelblichweiss, glänzend, während gewöhnliches Leuchtgas bei diesem Drucke eine dunkelviolette Farbe aufweist, in Schichtung glänzend hell, mit weissen und roten Strahlen.

Alle diese Wahrnehmungen haben zu grösster Vorsicht bei den Versuchen gemahnt. Es wurden vor der Inbetriebsetzung des Motors alle Dichtungsstellen nachgesehen. Von der ersten Umdrehung an liessen sich trockene metallische Stösse vernehmen, die den Motor unruhig bewegten. Der Versuch der Indizierung führte zur Verbiegung des Schiebhebels des Indikators, und so war die erste verlässliche Indizierung eine Warnung.

Die weiteren Versuche haben folgende Resultate ergeben: Es wurde vorerst konstatiert, 1. dass die Cylinderschmierung für Acetylenbetrieb zu verdoppeln sei, gegenüber der üblichen für Steinkohlengas; 2. dass der Grad der Abkühlung des Cylinders die Leistung in wesentlich höherem Maasse beeinflusse, als dies bei Steinkohlengas der Fall ist. Die aufgenommenen Diagramme ergaben die in folgender Tabelle zusammengestellten Resultate:

Tabelle der gemachten Versuche mit Acetylen.

Nummer der Diagramme	Touren pro Minute	Gewöhnliche Arbeit	Gas pro Stunde	Kilogr. pro 1 Gas	Gleichheit der Mischung	Anmerkung
1	364	158,35	738	723	2,77 %	Kompression 3 *kg*
2	250	169,70	804	760	3,18 »	»
3	314	150,60	780	695	3,45 »	»
4	300	172,60	912	679	4,20 »	»
5	322	—	936	—	4,00 »	»
6	320	—	948	—	4,10 »	»
7	314	167,6	744	811,2	3,30 »	Kompression 2,25 *kg*
8	316	188,6	804	3844,4	0,50 »	»

Die Diagramme 3, 7 und 8 wurden korrespondierend unter vollkommen gleichen Bedingungen der Geschwindigkeit und der Leistung auch für Steinkohlengas aufgenommen. Es zeigt sich, dass die indizierte Leistung mit dem Acetylengehalte abnimmt. Die Anfangsdrucke wachsen mit der Füllung, aber das Diagramm zeigt, dass der Druckabfall auch plötzlich erfolge, sodass von einer Expansionswirkung nicht die Rede sein kann. Wenn der Acetylengehalt 5 % beträgt, werden die Eyplosionen heftig und infolgedessen die Indizierungen unverlässlich. Nach den zahlreichen Versuchen über explosible Gemenge ist anzunehmen, dass das Gasgemenge inneren Vibrationen während seiner Verbrennung unterworfen ist. In der Absicht, die Vibrationen auszuschliessen, wurde das Totalvolumen der Füllung im Augenblicke der Explosion vergrössert oder, mit anderen Worten, das Volumen der Rückstände wuchs, aber die Kompression nahm um 0,75 Atmosphären ab. Diagramm Nr. 7 und 8 wurden unter diesen Bedingungen abgenommen. Acetylen zeigt hierbei eine wesentlich gesteigerte Expansion und Leistung. Man kann annehmen, dass ein Liter Acetylen auf den Kolben eines zweipferdigen Motors eine Arbeit von 860—870 Kilogramm-Meter indiziert. Vergleichsweise ist zu bemerken, dass der normale Konsum für diesen Motor 940—960 *l* Gas für die Pferdekraftstunde für zwei effektive Pferde beträgt; die mittlere indizierte Leistung beträgt demnach 404 Kilogramm-Meter pro Liter Gas. Für diese kleine Motortype erreicht Acetylen die 2,1 fache Leistung des Steinkohlengases. Der Verbrauch für eine effektive Pferdekraft erreicht bei einem Drucke von 160 *mm* Wassersäule 453 *l* Acetylen, was, auf Atmosphärendruck reduziert, runde 460 *l* oder 550 *g* ausgemacht. In grossen Motoren ist der Effekt zweifellos als wesentlich höher anzunehmen, aber das Verhältnis dürfte ziemlich unverändert bleiben. Es erübrigt die ökonomische Seite der Kostenfrage, sowie jene der Homogenität des Calciumcarbids, die noch lange nicht befriedigt gelöst erscheint, in Zukunft auszutragen.

Die Explosionskraft des Acetylens kann nicht ihren Effekt vollkommen auf den Kolben übertragen, da bei starker Füllung des Explosionsgemenges geringe Leistung übertragen wird und bei der Verdünnung des Acetylens in Luft der kalorische Effekt abnimmt, um günstige Expansionswirkung zu erzielen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass dieses Gas in rotierenden Motoren oder Turbinen Verwendung finden könnte, gewiss würde das aber nur nach grossen Mühen erreichbar sein wegen der grossen praktischen Schwierigkeiten.

Cuinat, der an der Isère, Sechilience, eine Anlage zur Erzeugung von Calciumcarbid ausführt, hat in Compiègne Versuche mit einem industriellen Motor von 6 PS (seiner Erfindung) gemacht, die einen viel grösseren Vorteil zu Gunsten des Acetylens ergaben.

Der benutzte Motor ist nach der Viertakt-Type gebaut. Er hat die Eigentümlichkeit, dass in der ersten Zeit das Aufsaugen der Luft- und Gasmischung nur bei $^2/_3$ der Dauer des Kolbenganges geschieht; beim letzten Drittel ist das Gaszutrittsventil geschlossen, sodass nur die frische Luft den Cylinder anfüllt. Sobald der Kolben zurückgeht, fängt die Kompressionszeit nicht sofort an; das Luftzutritts-Ventil schliesst sich ziemlich langsam, um aus dem Cylinder das hinter der Explosivmischung eingelassene Luftkissen entweichen zu lassen, welches daher allein den Druck erleidet. Sobald der Cylinder völlig in Gang kommt, sprüht der elektrische Funke zwischen die Spitzen eines Entzünders und die hierauf eintretende Entweichungsperiode vervollständigt den Kreislauf. Man sieht daher, dass die $^2/_3$ eines Mischungscylinders nach der Entzündung das ganze Cylindervolumen einnehmen; aus dieser Absperrungsart resultiert eine Verminderung der Druckhemmung, welche nach Cuinat die Hälfte derjenigen der gewöhnlichen Motoren erreicht. Dieser Umstand gereicht augenscheinlich der Anwendung einer heftigen Explosivmischung, wie die, welche das Acetylen liefert, zum Vorteil. Man hatte mit einer Reihe von Versuchen begonnen; von denen beistehend der Verbrauch folgt, welcher einer effektiven PS-Stunde entspricht:

Leerlauf (ganzer Verbrauch)	. . . . .	1,380 *l*
Lauf bei halber Ladung (3 PS)	. . . .	876 »
» » voller » (6 PS)	. . . .	516 »

Die aufgenommenen Diagramme zeigen, dass der Druck sich auf 6,2 *kg* : *qcm* erhebt, der Maximaldruck auf 17,1 *kg* : *qcm* und der Enddruck der Abspannung auf 3,2 *kg* : *qcm*.

Man hat daher nicht ohne einige Furcht die Versuche mit Acetylen fortgesetzt. Zuerst waren die Explosionen sehr unregelmässig; sie liessen zuweilen die ganze Motormasse in beunruhigender Weise vibrieren, hierauf verlangsamte sich der Gang, aber es genügte, den Gashahn zu regulieren, um diese Unregelmässigkeiten zu beseitigen und einen ruhigeren Gang zu erhalten. Die Explosivmischung enthielt nur 1 Volumen Gas für 20 Volumen Luft. Beifolgend sind die Konsumresultate pro effektive PS-Stunde mit dem Gasdruck von 80 *mm* Wasser angegeben:

Leerlauf (ganzer Verbrauch)	. . . . .	470 *l*
Lauf mit halber Ladung (3 PS)	. . . .	302 »
» » voller » (6 PS)	. . . .	175 »

Das aufgenommene Diagramm zeigte, dass der Druck 1,8 *kg*: *qcm* höher als beim Kohlengas ist, was der höheren Temperatur des Cylinders beigemessen werden kann; im Moment der Explosion erreicht der Druck 29,1 *kg*: *qcm* (gegen 17,1 mit Kohlengas) und der Enddruck nur 2,3 *kg*: *qcm*. Die Abgabe von Kühlwasser ist beim Acetylen grösser als beim Kohlengas; sie ist auf 130 *l* pro Stunde

erhöht. Aus obigen Zahlen geht hervor, dass das Volumen Acetylen dreimal geringer als das Kohlengasvolumen für dieselbe Kraft ist; Cuinat glaubt, dass der Konsum der Motoren von 8–16 PS auf 160 *l* pro effektive PS-Stunde herabgehen kann, was die Kosten pro PS von 0,30—0,33 Mark beim jetzigen Preis des Calciumcarbids ergeben würde.

Acetylenmotoren als solche hat bisher in Deutschland zuerst die Gasmotorenfabrik von Moritz Hille in Dresden-Löbtau konstruiert und bringt dieselben auch auf den Markt. Diese Type ist in Fig. 252 abgebildet. Der Motor unterscheidet sich fast in nichts von den bekannten Gasmotoren. Neu ist an demselben der auswechselbare Wassermantel und Arbeitscylinder. Letzterer ist aus besonders hartem Material angefertigt, infolgedessen er nur ganz geringer Abnutzung unterworfen sein soll. Die Motoren verbrauchen pro Stundenpferdekraft 180—220 *l* Acetylen, und werden bis 20 PS gebaut. Ein 3pferdiger Motor kostet 2000 Mark, ein 10pferdiger 4200, ein 20pferdiger 7200 Mark. Die Tourenzahl beträgt pro Minute 180—240.

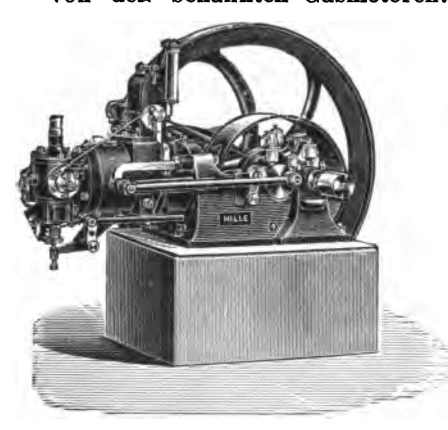


Fig. 252.

In letzter Zeit trat auch die Allgemeine Carbid- und Acetylen-Gesellschaft in Berlin mit ihrem Acetylen-Motor (Fig. 253) hervor. Um einigen Anhalt für den Vergleich mit anderen Motoren zu bieten, geben wir folgende, für diesen Motor gültige Zusammenstellung:

Pferdestärke	stehend			liegend			
	1/2	1	2	2	3	4	6
Preis des Motors mit elektrischer Zündung . . . . Mk.	900	1100	1400	1825	2050	2550	3000
Angenäh. Gewichte der Motoren *kg* netto	285	375	520	630	870	950	1200
» » » » »brutto	410	495	640	880	1170	1310	1600
Umdrehungszahl pro Minute . . .	320	300	280	250	250	240	240
Angenäherte Länge der Motoren *mm*	700	800	1000	1540	1670	1820	1970
» Breite » » *mm*	580	590	710	740	805	945	1025
» Höhe » » *mm*	973	1170	1420	1400	1450	1500	1570
Durchmesser der Riemenscheiben *mm*	170	250	400	400	400	500	500
Preis eines gusseisernen Sockels Mk.	—	—	—	100	120	150	180
Gewicht eines Sockels . . . . . *kg*	—	—	—	200	215	255	270
Preis der Fundaments-Anker und Schrauben resp. Platten . . Mk.	12	14	18	14	15	18	20
Breite der Riemenscheiben . . *mm*	110	130	150	200	200	260	260
Breite des Riemens . . . . . *mm*	—	—	—	70	90	100	120

R. Hatmaker in New-York verwendet[1]) zu dem Zwecke, Acetylen zu komprimieren und zu motorischen Zwecken zu benutzen, zwei druckfeste Gefässe A und B (Fig. 254), die, in gleicher Höhe nebeneinander stehend, am Boden durch ein Rohr C verbunden sind. Die Gefässe sind etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Im Inneren

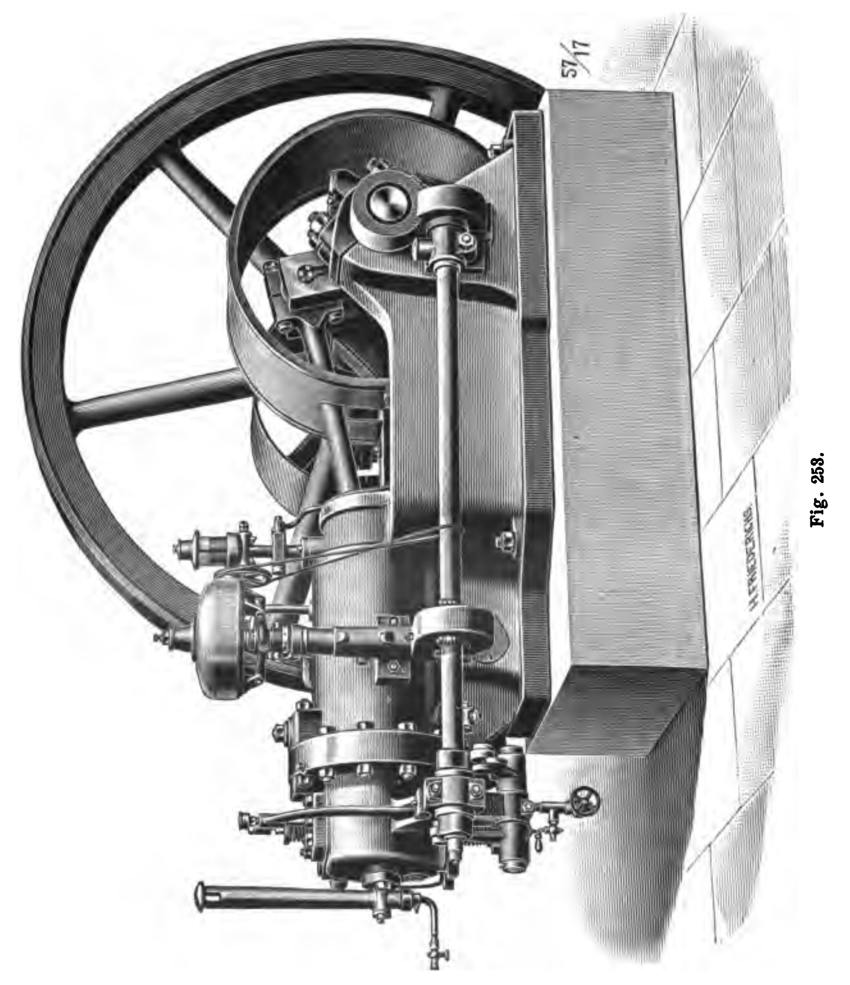


Fig. 253.

des einen Gefässes wird nun dadurch, dass Calciumcarbid mit Wasser in Berührung kommt, Acetylen entwickelt. Um das Carbid mit dem Wasser von aussen her in Berührung bringen zu können, hat man

[1]) Zeitschr. f. kompr. u. flüss. Gase 1897, Nr. 3.

es vor dem Verschliessen des betreffenden Gefässes in das Körbchen a^1 gebracht, das an einem durch den Deckel des Gefässes gehenden Stab a^2 befestigt ist, sodass man durch Hinunterschieben und Heraufziehen des Stabes Acetylen entwickeln kann. Unter diesen Umständen wird das Acetylen komprimiert und ebenso die Luft in dem anderen kommunizierenden Gefäss. Diese beiden Gasräume stehen nun mit dem Cylinder D, Kolben und Schieber derart in Verbindung, dass auf die eine Seite des Kolbens nur die komprimierte Luft, auf die andere aber nur das Acetylen wirken kann. Auch der Auslass für die Gase, nachdem sie Arbeit geleistet haben, ist im Gegensatz zur

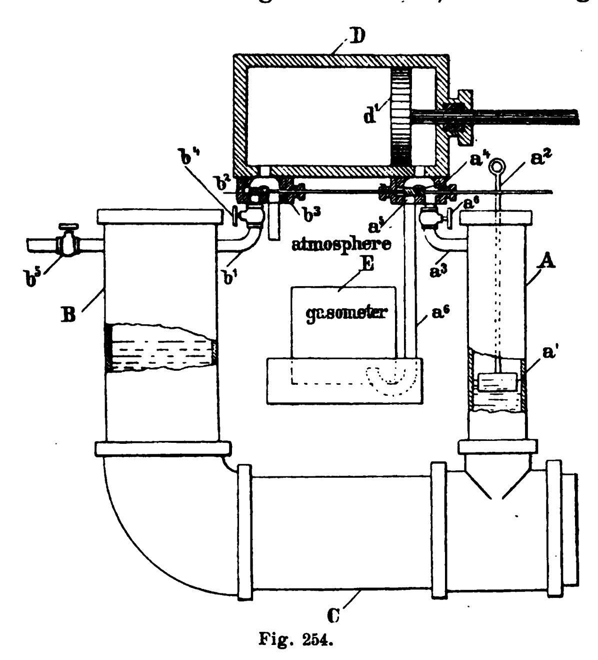


Fig. 254.

Einrichtung der gewöhnlichen Dampfmaschine nicht gemeinsam, der Schieber lässt vielmehr an der einen Öffnung b^5 die verbrauchte Luft ins Freie, an der anderen hingegen das Acetylen in einen Gasometer E entweichen, von wo aus es weiter zur Beleuchtung u. s. w. entnommen werden kann.

Das grosse Interesse, dass man dem Acetylen als Betriebsmittel für Motoren entgegenbringt, gab uns Veranlassung, eine Rundfrage bei einer Reihe Motorenfabriken zu veranstalten, um die Ansicht derselben zu hören.

Im allgemeinen neigt man der Annahme zu, dass dem Acetylen zunächst für den gedachten Zweck eine Bedeutung nicht beigemessen

werden kann. Ausschlaggebend hierfür ist aber lediglich der gegenwärtig für den gedachten Zweck noch zu hohe Preis des Acetylens bezw. des Carbids, während man der Anwendung des Gases in technischer Beziehung Bedenken nicht entgegenbringt.

Unsere Anfrage richteten wir an folgende Firmen:

Gasmotorenfabrik Deutz, Deutz,
Friedr. Krupp, Grusonwerk, Magdeburg-Buckau,
Gebr. Körting, Körtingsdorf bei Hannover,
A.-G. Dresdener Gasmotorenfabrik vorm. Moritz Hille, Dresden-A.,
Buss, Sombart & Co., Magdeburg,
Maschinenbau A.-G. Nürnberg, vorm. Klett & Co., Nürnberg,
I. M. Grob & Co., Leipzig-Eutritzsch,
Rich. Langensiepen, Magdeburg-Buckau,
Rhein. Gasmotorenfabrik, Benz & Co., Mannheim.

Ausser der letzteren Firma haben sämtliche angefragten Firmen in bereitwilliger Weise ihren Standpunkt klargelegt, teilweise in ausführlicherer Art. Die Gasmotorenfabrik Deutz ist der vollen Überzeugung, dass die Verwendung von Acetylengas in ihren Motoren ohne weiteres möglich ist, thatsächlich sind auch, schreibt diese Firma, bereits in verschiedenen Orten von anderer Seite solche Versuche mit Motoren der Gesellschaft schon ausgeführt werden. Dieselben ergaben, dass das Acetylen den zweiundeinhalbfachen Wärmewert des Leuchtgases besitzt, der Betrieb jedoch etwa zehnmal so teuer wurde, wie mit letzterem. Unter Berücksichtigung dieser Thatsachen hat es die Firma bis jetzt unterlassen, selbst Versuche anzustellen, und sich darauf beschränkt, diese von anderer Seite dadurch zu unterstützen, dass sie unter besonders günstigen Bedingungen Maschinen zu Versuchszwecken abgiebt.

Gebr. Körting schreiben in ihrer Antwort u. a.: Bisher haben wir dieser Frage noch keine besondere Aufmerksamkeit geschenkt, und zwar aus dem Grunde, weil das Acetylengas sich in der Herstellung immer noch zu teuer stellt, als dass es mit den jetzt für motorische Zwecke zur Verwendung kommenden Betriebsmitteln, wie Leuchtgas, Benzin, Petroleum und Spiritus, in erfolgreiche Konkurrenz treten könnte. Acetylengas besitzt, wenn wir recht unterrichtet sind, einen Heizwert von ungefähr 8000 Wärmeeinheiten pro Kubikmeter. Unsere neuesten Gasmotoren mittlerer Grösse verbrauchen im Durchschnitt 500 *l* Gas pro PS und Stunde, einen Heizwert des Gases von 5000 Wärmeeinheiten angenommen. Rechnet man den Kubikmeter Leuchtgas zu 12 Pfg., so ergiebt sich das pro Stunde und PS aufgewandte Gas zu 6 Pfg. Bei Verwendung des Acetylens würde man im Verhältnis des höheren Heizwertes auch weniger Gas verbrauchen und würde sich unter Zugrundelegung unserer neuesten

Motoren mittlerer Grösse der Acetylengasverbrauch pro PS und Stunde zu ungefähr 300 *l* bestimmen. Die PS und Stunde würde sich also zu 12 Pfg. ergeben; also doppelt so hoch wie bei Verwendung von Leuchtgas. Dort, wo kein Leuchtgas vorhanden, geben Petroleum, Benzin oder Spiritus gute Mittel für Betriebszwecke.

Selbstverständlich können wir, schreibt die Firma, uns aber an obige Zahlen nicht genau binden, da, wie bereits Eingangs bemerkt, wir uns mit den Eigenschaften des Acetylengases hinsichtlich seiner Verwendung für motorische Zwecke noch nicht eingehend befasst haben.

Die A.-G. Dresdener Gasmotorenfabrik vorm. Moritz Hille teilte uns mit, dass auf Grund angestellter Versuche ihre Ventilgasmotoren recht wohl mit Acetylen betrieben werden können. An eine Einführung dieses Gases sei aber solange nicht zu denken, bis der Preis des Carbids sich nicht wenigstens bis auf die Hälfte des heutigen Angebotes reduziert.

Der gleichen Ansicht hinsichtlich des Preises ist Friedrich Krupp, Grusonwerk, welche Firma auch die Ansicht von Buss, Sombart & Co., vertritt, deren Gasmotorengeschäft das Grusonwerk übernommen hat.

Die anderen angeführten Firmen haben der Acetylen-Frage wenig oder gar keine Aufmerksamkeit geschenkt. Sonach dürfte das Acetylen solange auf dem angezogenen Gebiete als Konkurrent nicht auftreten, bis der Preis des Carbids eine Gaserzeugung zulässt, die zum mindesten nicht teurer ist, als Steinkohlengas. Der heutige Preis des letzteren beträgt pro Kubikmeter 8—12 Pfg. für Motoren und sonstige Arbeitszwecke (in Düsseldorf kostet der Kubikmeter 8 Pfg.), bei einem Verbrauch von durchschnittlich 600 *l* pro Pferdekraftstunde würde es also auf 4,8—7,2 Pfg. pro Pferdekraftstunde zu stehen kommen, also im Mittel auf 6 Pfg. Der Kubikmeter Acetylen kostet heute 1,30 Mark. Unter Berücksichtigung der dem Acetylen innewohnenden bedeutend grösseren Heizkraft als der des Steinkohlengases, würde, nach den Resultaten der bisherigen Versuche, eine Pferdekraftstunde ca. 300 *l* Acetylen verbrauchen, die demnach 39 Pfg. kosten, gegenüber 6 Pfg. für Steinkohlengas. Legt man der Berechnung denjenigen Preis zu Grunde, der voraussichtlich für Carbid bei genügender Produktion eintreten wird, 25 Pfg. pro Kilogramm, so wird der Kubikmeter Acetylen, 320 *l* Gasausbeute pro Kilogramm angenommen, auf 78 Pfg. zu stehen kommen. Die Pferdekraftstunde würde in diesem Falle, den angegebenen Verbrauch von 300 *l* vorausgesetzt, 23,4 Pfg. kosten. Unter diesen Verhältnissen dürfte an eine Verwendung des Acetylens

für motorische Zwecke garnicht zu denken sein. Denn wenn der Preis von 6 Pfennigen, also der des Steinkohlengases, erreicht werden soll, müsste der Carbidpreis pro Kilogramm auf etwa 6,3 Pfg. sinken, wovon vorläufig und jedenfalls auch, soweit dies nach der Lage der gegenwärtigen wissenschaftlichen Erfahrungen zu beurteilen ist, für alle Zukunft nicht die Rede sein kann.

Die Verflüssigung des Acetylens.

Setzt man Acetylen bei + 1° C. einem Druck von 48 Atmosphären aus, so geht es aus dem gasförmigen in den flüssigen Zustand über. Seine kritische Temperatur ist 37,05° C., sein kritischer Druck 68 Atmosphären, d. h. setzt man Acetylengas von über 37° C. Temperatur einem Druck von über 68 Atmosphären aus, so wird es nicht mehr verflüssigt. Das spezifische Gewicht des flüssigen Acetylens beträgt 0,45 bei 0° C. und 1 *cbm* gasförmiges Acetylen liefert durchschnittlich 1,165 *l* flüssiges Acetylen. Das flüssige Acetylen wurde bisher in Stahlflaschen versandt, die auf einen Druck von 200—300 Atmosphären geprüft sind. Durch Berührung mit einem glühenden Körper zersetzt es sich in seine Bestandteile, unter Erzeugung eines Druckes von 5564 Atmosphären. Der Preis des verflüssigten Acetylens beträgt etwa 10 Mark pro Kilogramm in Stahlflaschen à 3 und 5 *kg* Inhalt. Da die Verwendung flüssigen Acetylens sowohl in Deutschland als auch in den meisten Staaten die gesetzliche Bestimmungen über die Anwendung von Acetylen im allgemeinen getroffen haben, verboten ist, so erübrigt es uns nur, der Vollständigkeit halber auf dieses Gebiet einzugehen.

1877 gelang es zuerst L. Cailletet das Acetylen zu verflüssigen. Sein Apparat bestand aus einem Stahlcylinder, der einem Druck von mehreren 100 Atmosphären widerstehen konnte.[1]

Am oberen Teile dieses Cylinders wird mittels einer Schraube ein Glasbehälter befestigt, der das zu verflüssigende Gas aufnimmt. Dieser Behälter besteht aus einem starkwandigen Rohre von geringem Durchmesser, an welches unten ein weiteres Rohr gelötet ist, das in das Quecksilber, mit welchem der Hohlcylinder angefüllt ist, taucht.

Dieser Apparat ist mit einer hydraulischen Presse verbunden, durch welche der entsprechende Druck hervorgerufen wird.

Beim Komprimieren des Acetylengases mittels dieses Apparates ergab sich, dass das Verhalten des Acetylens bei hohen Drucken von dem Mariotte'schen Gesetz abweicht. Bei einer Temperatur von 18° C. und einem Druck von 83 Atmosphären bemerkte Cailletet

[1]) Zeitschr. f. kompr. u. flüss. Gase 1898, 3, 32.

die Entstehung zahlreicher kleiner Tropfen, welche die innere Wandung des Rohres entlang herabflossen. Verminderte er den Druck um einige Atmosphären, so verwandelte sich augenblicklich die Flüssigkeit in Gas, und das Rohr füllte sich während eines Augenblickes mit einem starken Nebel an.

Nach Cailletet verflüssigt sich Acetylen bei verschiedenen Temperaturen unter folgenden Drucken:

bei	+ 1,0°	unter	48	Atmosphären
»	2,5°	»	50	»
»	10,0°	»	63	»
»	18,0°	»	83	»
»	25,0°	»	94	»
»	31,0°	»	103	»

Leider aber giebt Cailletet nicht an, ob und auf welche Weise er das Acetylen gereinigt hat; ebenso teilt er nicht mit, auf welche Weise er die hohen Drucke gemessen hat. Das von Cailletet zu anderen Zwecken in der damaligen Zeit benutzte Desgofé'sche Manometer giebt, wie Dr. Altschul bei seinen Versuchen sich zu überzeugen Gelegenheit hatte, keine genauen Resultate. Es darf also nicht Wunder nehmen, dass diese von Cailletet beobachteten Zahlen nicht mit den späteren Arbeiten übereinstimmen.

Im Jahre 1879 hat Ansdell auf Veranlassung von Dewar die physikalischen Eigenschaften des flüssigen Acetylens studiert.[1]) Das Acetylen, das er zu diesen Studien gebraucht hat, stellte er durch Einwirkung einer alkoholischen Kalilösung auf Äthylenbromid dar, und reinigte das erhaltene Gas sorgfältig. Die bei verschiedenen Temperaturen erhaltenen Drucke, waren die folgenden:

Temp.	Druck in Atm.	Temp.	Druck in Atm.	Temp.	Druck in Atm.
— 23°	11,01	+ 13,5°	32,77	+ 36,0°	65,36
10°	17,06	20,15°	39,76	36,5°	65,89
0°	21,53	27,55°	48,99	36,9°	67,96
+ 5,25°	25,48	31,6°	56,20		

Ansdell benutzte bei seinen Arbeiten den beschriebenen Apparat von Cailletet und verband ihn mit einem Luftmanometer.

Raoul Pictet, der das flüssige Acetylen zuerst in die Industrie einführte, suchte die in vorgenannten Verfahren begründeten Fehlerquellen nach Möglichkeit zu vermindern, indem er bei seinen Versuchen vom flüssigen Acetylen ausging. Er stellte Acetylen aus Calciumcarbid und Wasser dar, reinigte es und füllte eine Stahlflasche bis zu $^2/_3$ ihres Volumens mit ihm an und lies einen Teil des Acetylens im Gasometer verdampfen. Durch diese Verdampfung

[1]) Proc. Roy. Soc. 29.

wird die Luft aus der Verbindungsröhre wie aus dem ganzen Apparate verdrängt. Diese mit Acetylen gefüllte Stahlflasche wurde nun verschiedenen, mit Hilfe eines grossen Wasserbades erzeugten Temperaturen ausgesetzt und die Drucke, nachdem sie konstant blieben, notiert. Das in 0,5 Atmosphären geteilte Manometer wurde vor und nach der Untersuchung von der physikalisch-technischen Reichsanstalt geprüft. Die Temperaturen wurden mit einem in $^1/_5{}^0$ geteilten und ebenfalls geprüften Thermometer bestimmt. Die Beobachtungen wurden mehrmals ausgeführt; das Resultat ergab im Mittel folgende Zahlen:

Temperatur	Druck in Atm.	Temperatur	Druck in Atm.
1,6°	21,5	19,5°	33,5
9,5°	27,0	17,6°	38,5
14,1°	29,0	36,5°	48,0

Auch P. Villard hat die Dampfspannung des flüssigen Acetylens gemessen[1]) und folgende Drucke erhalten:

Temperatur	Druck in Atm.	Temperatur	Druck in Atm.
— 90,0° (Acetylen fest) .	0,69	— 23,8°	13,2
85,0°	1,0	0°	26,05
(?) 81,0° (Schmelzpunkt) .	1,25	+ 5,8°	30,3
70,0° (Acetylen flüssig)	2,22	14,5°	34,8
60,0°	3,55	15,0°	37,9
50,0°	5,3	20,2°	42,8
40,0°	7,7		

Die erste gewerbsmässige Darstellung des verflüssigten Acetylens begann, wie bereits erwähnt, R. Pictet, der den von ihm zu diesem Zwecke angewendeten Prozess wie folgt erläutert:

Die Entwickelung darf nur derart geschehen, dass man das Carbid allmählich in eine entsprechend grosse und stark gekühlte Menge Wasser hineinzieht und für die Absorption der bestehenden Wärme durch äussere Kühlung des Entwicklers sorgt. Im kleinen genügt eine Eiskühlung, während bei der Fabrikation im grossen die Kühlung durch ein Schlangensystem, verbunden mit einer Eismaschine, ausgeführt wird. Bevor das Gas in den Gasometer gesammelt wird, wird es, indem es durch die folgenden auf — 16° C. abgekühlten Flüssigkeiten geführt wird, gereinigt: 1. Eine stark konzentrierte Lösung von Chlorcalcium, 2. Bleiverbindungen, 3. Schwefelsäure. Die Komprimierung und Verflüssigung des Acetylens erfolgt hierauf bei — 60° C. Hierbei wird das Gas durch zwei mit Dampf betriebene Pumpen zunächst in den Vorkühler geleitet, in dem es durch die Kälte der im Vakuum verdampfenden, sogenannten »Flüssigkeit Pictet« (einer Mischung von schwefliger

[1]) Annal. de chim. et de physique. März 1897; desgl. Dr. Altschul, Zeitschr. f. kompr. u. flüss. Gase 1897, 3, 33.

Säure [SO_2] und Kohlensäure [CO_2]) bereits vorher auf eine niedrige Temperatur (ca. — 20°) gebracht worden ist. Dieser Vorkühler ist immer mit Putzwolle angefüllt, um das Acetylen von den letzten Spuren von Feuchtigkeit zu entfernen.

Das bereits abgekühlte und gereinigte Gas geht von da zunächst in den Saug- und dann in den Druckcylinder der beiden vorerwähnten Pumpen, die auf dasselbe einen Druck von 8 Atmosphären ausüben. Die Pumpen drücken darauf das Gas in ein langes Rohr, das ebenfalls von einem »Flüssigkeit Pictet« enthaltenden Kühlmantel umgeben ist, in dem die Temperatur auf — 80° erniedrigt ist. Bei dieser Kälte genügt schon ein Druck von 8 Atmosphären, um das Acetylen in den flüssigen Zustand überzuführen.

Nunmehr kann das Acetylen in die mit dem Rohre verbundenen, ebenfalls auf — 80° C. abgekühlten eisernen Flaschen gefüllt werden, deren Inhalt durch eine an den letzteren befindliche Wage reguliert wird. Pictet giebt an, dass das nach dieser Methode gereinigte und verflüssigte Acetylen sich weder mit Kupfer, noch mit anderen Metallen zu explosiblen Verbindungen vereinigt. Die gefüllten Stahlcylinder sind vollständig gegen Stoss unempfindlich.

Willson und Suckert benutzten flüssiges Acetylen gleichfalls zu Beleuchtungsproben.

900 *g* flüssiges Acetylen ergaben nach ihren Versuchen eine Gasmenge von 895 *l*. Das durch die Verdampfung bei einer, vom Manometer angezeigten Spannung von 40 Atmosphären erzeugte Gas, floss vom Reservoir zu einem unter dem Reservoir angebrachten Ventil, das den Druck bis zu dem einer Wassersäule von 50 *m* Höhe reduzierte und unter dieser Spannung, ebenfalls durch einen Manometer angezeigt, wurde das Gas zu den Brennern geleitet. Jeder der mit Acetylen gespeisten Brenner verzehrte bei der angegebenen Spannung 33,6 *l* pro Stunde bei einer Leuchtkraft von 60 Normalkerzen. Der Gesamtverbrauch von 6 Brennern betrug bei einem Lichteffekt von 360 Normalkerzen 201,5 *l* Gas pro Stunde. Um dasselbe Resultat mit Kohlengas zu erreichen, würden 2,5 *cbm* Gas nötig sein, also ca. 12½ mal mehr an Steinkohlengas, wie an Acetylen.

Strömt das flüssige Acetylen aus dem Behälter (Bombe) in die atmosphärische Luft (Fig. 255), so erstarrt es infolge der grossen Wärmeabsorption zu einer festen, brennbaren Substanz (Acetylenschnee) wie Fig. 256 erkennen lässt. Die Unreinigkeiten des flüssigen Acetylens bestehen aus Ammoniak, Arsenwasserstoff, Phosphin, Schwefelwasserstoff und Kohlenwasserstoff.

Die Anwendung des flüssigen Acetylens zu Beleuchtungszwecken ist nicht so einfach, wie es in der Regel hingestellt wird. Zunächst müssen stets zwei Flaschen mit flüssigem Acetylen in Anwendung sein, damit das Gas aus der einen Flasche nach dessen Verbrauch so-

fort ersetzt werden kann. Beide Flaschen werden an die Leitung angeschlossen sein müssen, doch so, dass immer nur eine Gas abgiebt und ausgewechselt werden kann, wenn dies zu Ende geht; währenddessen bereits die zweite Flasche in Benutzung gelangen muss. Das Reduktionsventil wird zweifellos häufige Schwankungen zulassen und im Falle eines Versagens, was ja immerhin naheliegt, den gesamten Druck in die Leitung lassen. Man könnte in solchen Fällen ein offenes Quecksilbermanometer anordnen, damit das Gas in die Luft entweicht, wodurch aber eine sehr bedeutende Menge Acetylen verloren geht.



Fig. 255.

Das flüssige Acetylen war nach dem Bekanntwerden der billigen Herstellung des Acetylengases aus Calciumcarbid das eigentliche Ideal der Verwendung zu Beleuchtungszwecken. Man dachte hierbei an den leichten Transport des neuen Leuchtstoffes, an seine im Verhältnis zu Petroleum oder elektrischen Akkumulatoren eminente Aufspeicherung von Leuchtkraft, man übersah aber optimistisch genug die gleichfalls eminenten Gefahren, die dem Acetylen im flüssigen Zustande innewohnen.

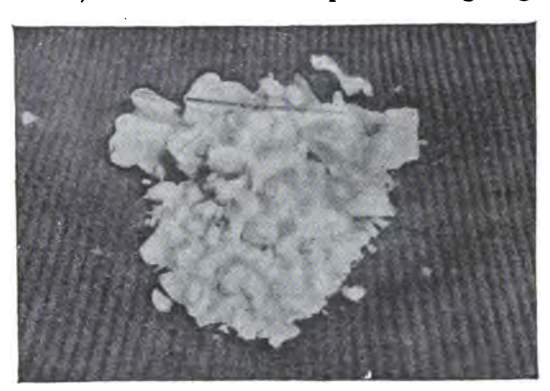


Fig. 256.

Man schloss aus der leichten Handhabung des flüssigen Acetylens seitens der Spezialgelehrten und Spezialtechniker nicht auf die breiten Schichten des Volkes, in dessen Händen dieser Leuchtstoff verderbenbringend werden musste. Die Eigenschaft des flüssigen Acetylens, unter Bedingungen zu explodieren, die fast ständig bei seiner Anwendung in der Praxis vorhanden sind, machte sich auch bald genug selbst in den Laboratorien derjenigen verheerend bemerkbar, die sich mit der Verflüssigung des Acetylengases beschäftigten. Der ersten Explosion flüssigen Acetylens am 21. Januar 1896 in den Räumen

von Pfeghar & Söhne in New-Haven (V. St. A.), bei der zwei mit flüssigem Acetylen gefüllte Stahlcylinder von 1,25 *m* Länge und 0,125 *m* Durchmesser platzten und eine Feuersbrunst verursachten, die die Vernichtung zweier Menschenleben zur Folge hatten, folgte bald die zweite in dem Berliner Laboratorium von R. P. Pictet, der sich mit der Verflüssigungstechnik gewerbsmässig beschäftigte. Das Gebäude wurde durch den entstandenen Brand zerstört und ein Assistent schwer verletzt. Kurz nachher wiederholte sich die Katastrophe in dem Pictet'schen Laboratorium zu Paris. Diese Unglücksfälle nebst einigen kleineren wurden weitaus übertroffen durch denjenigen in dem Arbeitsraum von Isaak in Berlin am 11. Dezember 1896, wobei zwei Arbeiter und Isaak selbst sofort getödtet wurden. Das gänzliche Verbot des flüssigen Acetylens und strenge Bestimmungen über die Anwendung des gasförmigen waren die Folge dieser Katastrophen.

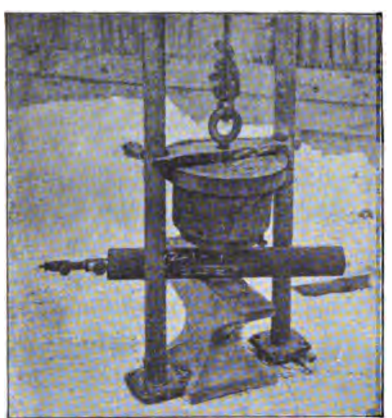


Fig. 257.

Gerade ein Jahr nach der Isaakschen Explosion, am 24. Dezember 1897, wurde die Fabrik der United States Acetylene Gas Liquefying and Distriburting Company zu Jersey City N.-Y. durch die Explosion von mit flüssigem Acetylen gefüllten Bomben und das hierdurch entstandene Feuer zerstört, wobei Oberinspektor Grimm und ein Arbeiter getötet wurden. Die Cylinder waren bis zu 250 Atmosphären geprüft und widerstanden einem Druck von 400 Atmosphären, der Sicherheitswert war also ausserordentlich gross. Die Schlagproben der Cylinder bezw. die Prüfungen auf Widerstandsfähigkeit derselben wurden in der in Fig. 257 veranschaulichten Weise vorgenommen.

Aus den geschilderten Eigenschaften geht hervor, dass flüssiges Acetylen für alle Zeiten aus der Hausbeleuchtung verdrängt bleiben dürfte; ob es für besondere Beleuchtungszwecke jemals Anwendung finden wird, erscheint uns, abgesehen von seiner leichten Explosibilität, wegen des Preises kaum annehmbar. Flüssiges Acetylen ist zweifellos ein wissenschaftlich sehr interessanter Körper, die leichteste aller bekannten Flüssigkeiten, und es bleibt abzuwarten, nach welcher Richtung die Nutzbarmachung desselben sich entwickeln wird.



Administrative Bestimmungen über die Herstellung und Benutzung von Acetylen.

I. Verordnung des königlich preussischen Ministeriums des Innern betreffend die nicht fabrikmässige Herstellung und die Verwendung von Acetylen.

§ 1. Wer ausser im fabrikmässigen Umfange Acetylen herstellen oder verwenden will, hat dies spätestens bei der ersten Inbetriebsetzung der Gasentwickelungs-Apparate der Ortspolizeibehörde anzuzeigen.

§ 2. Die Entwickelung und Aufbewahrung von Acetylen darf nicht in oder unter bewohnten Räumen und nicht in Kellern erfolgen. Die Räume, in denen die Gasentwickelung stattfindet, müssen durch eine Brandmauer oder einen isolierenden Luftraum von Wohnräumen getrennt sein, die Gasentwickler dürfen nur unter leichter Bedachung aufgestellt werden.

§ 3. Diese Räume müssen hell, geräumig und gut gelüftet sein, dürfen nur durch Dampf- oder Wasserheizung erwärmt und nicht mit Licht betreten werden. Die Thüren müssen nach aussen aufschlagen.

Die Entlüftungsrohre der Räume und der Gasentwickler dürfen nicht in Schornsteine münden, die Entlüftungsrohre der Gasentwickler sind bis über das Dach zu führen.

§ 4. Die Apparate zur Entwickelung und Aufbewahrung von Acetylengas müssen so eingerichtet sein, dass in ihnen kein höherer, als ein Überdruck von einer Atmosphäre sich bilden kann.

§ 5. An den Entwickelungsapparaten, Gasbehältern und Gasleitungen dürfen keine aus Kupfer bestehenden Teile angebracht sein.

§ 6. Calciumcarbid und andere Carbide dürfen in Mengen von mehr als 10 Kilo nur in wasserdicht verschlossenen Gefässen und in trockenen, hellen, gut gelüfteten Räumen aufbewahrt werden. Die Lagerung in Kellern ist untersagt. Die Gefässe müssen die Aufschrift tragen: »Carbid, gefährlich, wenn nicht trocken gehalten«.

§ 7. Die zur Aufnahme flüssigen Acetylens bestimmten Flaschen müssen durch einen weissen Anstrich und die Aufschrift: »Flüssiges Acetylen, feuergefährlich!« gekennzeichnet sein, mit Angabe der Tara und des Fassungsraumes in Litern versehen und auf 250 Atmospären geprüft sein.

§ 8. Bei der Füllung der Flaschen darf das Verhältnis von 1 *kg* Acetylen auf 3 Liter Rauminhalt nicht überschritten werden.

§ 9. Die Flaschen für verdichtetes Acetylengas müssen durch die Aufschrift: »Acetylengas, feuergefährlich!« gekennzeichnet und mit der Angabe des höchsten zulässigen Druckes versehen sein. Sie müssen mit dem Doppelten des zulässigen Druckes geprüft sein.

§ 10. Die mit flüssigem oder verdichtetem Acetylengas gefüllten Flaschen sind gegen die Einwirkung von Sonnenstrahlen und Ofenwärme zu schützen.

§ 11. Flüssiges und verdichtetes Acetylen dürfen nur in Gefässe gefüllt werden, an denen kein Teil aus Kupfer oder Kupferlegirungen besteht.

§ 12. Die Bestimmungen in den §§ 1, 2 und 3 finden keine Anwendung auf tragbare und solche Acetylengaslampen, bei denen der Brenner mit dem Entwickelungsapparat unmittelbar und fest verbunden ist.

Denjenigen, welche beim Erscheinen dieser Polizeiverordnung mit Genehmigung oder Vorwissen der Ortspolizeibehörde Acetylenentwickelungs-Appa-

rate bereits in Betrieb genommen haben, kann von der Ortspolizeibehörde zur Erfüllung der Vorschriften in § 2 und im ersten Satze des § 3 eine Frist von 12 Monaten vom Tage des Inkrafttretens dieser Verordnung ab bewilligt werden.

Die vorstehenden Bestimmungen finden keine Anwendung:

a) auf fabrikmässig betriebenes und daher nach § 16 der Gewerbeordnung besonderer Genehmigung bedürftige Anlagen zur Herstellung von Acetylen;

b) auf die staatlichen wissenschaftlichen Institute, soweit sie Acetylen zu Lehr- und Studienzwecken herstellen und verwenden.

§ 13. Zuwiderhandlungen gegen diese Verordnung werden, sofern dadurch nicht nach den bestehenden Gesetzen eine schwerere Strafe verwirkt ist, mit Geldstrafe bis zu ℳ 60.00 und im Falle des Unvermögens an deren Stelle mit entsprechender Haft bestraft.

§ 14. Vorstehende Polizeiverordnung tritt mit dem Tage ihrer Veröffentlichung in Kraft. Gleichzeitig wird die Polizeiverordnung vom 19. Dezember 1896 aufgehoben.

Vorstehende Verordnung wurde von den Regierungen folgender Regierungsbezirke in Kraft gesetzt:

Stadt	Datum der Verordnung	Name des Blattes, in welchem die Veröffentlichung erfolgt ist	Nummer und Datum des Blattes, in welchem die Veröffentlichung erfolgt ist
Aachen	15. Novemb. 1897	Amtsblatt	49 v. 18. 11. 1897
Arnsberg	25. Januar 1898	»	5 v. 29. 1. 1898
Aurich	17. Januar 1898	»	3 v. 21. 1. 1898
Breslau	17. Dezemb. 1897	»	52 v. 25. 12. 1897
Bromberg	10. Dezemb. 1898	»	50 v. 16. 12. 1897
Danzig	28. Februar 1898	»	10 v. 5. 3. 1898
Düsseldorf	14. Dezemb. 1897	»	50 1897
Erfurt	24. Januar 1898	»	4 v. 29. 1. 1898
Frankfurt	18. Dezemb. 1897	»	—
Gumbinnen	2. Dezemb. 1897	»	49 1897
Hannover	27. Dezemb. 1897	»	54 v. 31. 12. 1897
Hildesheim	4. Dezemb. 1897	»	50 v. 10. 12. 1897
Kassel	24. Dezemb. 1897	»	52 v. 29. 12. 1897
Koblenz	16. Dezemb. 1897	»	57 v. 23. 12. 1897
Köln	15. Dezemb. 1897	»	51 v. 22. 12. 1897
Königsberg	26. Novemb. 1897	»	48 v. 2. 12. 1897
Köslin	22. Januar 1898	»	4 v. 27. 1. 1898
Liegnitz	4. Dezemb. 1897	»	51 v. 18. 12. 1897
Lüneburg	21. Dezemb. 1897	»	—
Magdeburg	11. Januar 1898	»	4 v. 22. 1. 1898
Marienwerder	13. Dezemb. 1897	»	51 v. 22. 12. 1897
Merseburg	14. Dezemb. 1897	»	51 v. 8. 12. 1897
Minden	3. Januar 1898	»	1 1898
Münster	18. Dezemb. 1897	»	1 v. 6. 1. 1898
Oppeln	3. Januar 1898	»	1 v. 7. 1. 1898
Osnabrück	24. Novemb. 1897	»	48 v. 26. 11. 1897
Posen	7. Januar 1898	»	3 v. 18. 1. 1898
Potsdam (Berlin)	25. Novemb. 1897	»	49 v. 3. 12. 1897
Potsdam	10. Dezemb. 1897	»	51 v. 17. 12. 1897
Schleswig	13. Dezemb. 1897	»	58 v. 18. 12. 1897
Sigmaringen	27. Dezemb. 1897	»	1 v. 7. 1. 1898
Stade	12. Januar 1898	»	3 v. 21. 1. 1898
Stralsund	22. Dezemb. 1897	»	52 v. 30. 12. 1897
Trier	4. Dezemb. 1897	»	49 v. 9. 12. 1897
Wiesbaden	8. Januar 1898	»	—

Bekanntmachung.

Mit Bezug auf vorstehende Verordnung wird hierdurch zur öffentlichen Kenntnis gebracht, dass Anlagen zur Herstellung von Acetylengas, sofern sie fabrikmässig betrieben werden, als »chemische Fabriken« im Sinne des § 16 der Reichs-Gewerbe-Ordnung anzusehen sind und mithin dem daselbst vorgeschriebenen Verfahren unterliegen.

Flüssiges Acetylen ist als explosiver, zur Verwendung als Sprengmittel geeigneter Stoff, mithin als ein »Sprengstoff« im Sinne des Gesetzes gegen den verbrecherischen und gemeingefährlichen Gebrauch von Sprengstoffen vom 9. Juni 1884 anzusehen.

Denjenigen Personen, denen bereits auf Grund der Polizeiverordnung vom 19. Dezember v. J. die Erlaubnis zur Darstellung von Acetylengas erteilt worden ist, kann zur Erfüllung der Vorschriften in §§ 2 und 3, Absatz 1, obiger Verordnung eine Frist von 12 Monaten vom Tage des Inkrafttretens ab bewilligt werden. Diesbezügliche Anträge sind unverzüglich beim Polizei-Präsidium einzureichen.

Berlin, 25. November 1897. **Der Polizei-Präsident.**

II. Verordnung des königlich sächsischen Ministeriums des Innern.

Bedingungen für die Errichtung von Acetylenfabriken.

1. Die Herstellung und Verdichtung von Acetylen einerseits und die Verflüssigung andererseits muss in getrennt liegenden Gebäuden vorgenommen werden.

Sofern der zur Verdichtung des Gases angewandte Druck acht Atmosphären übersteigt, muss diese Arbeit in einem gesonderten Raume erfolgen.

2. Die Räume, in denen Acetylen hergestellt, verdichtet oder verflüssigt wird, dürfen sich nicht unter bewohnten Räumen oder in unmittelbarer Verbindung mit solchen befinden. Sie müssen hell und gut gelüftet sein und dürfen nur mittels Dampf- oder Warmwasserheizung erwärmt werden. Die Thüren müssen nach aussen aufschlagen.

3. Die zur Herstellung, Verdichtung und Verflüssigung dienenden Räume dürfen nur vermittelst zuverlässig abgeschlossener Aussenbeleuchtung oder durch elektrische Glühlampen mit Doppelglocken erhellt werden; Ausschalter und Sicherungen müssen ausserhalb der Räume liegen.

4. Das Carbid ist zum Schutz gegen Feuchtigkeit in wasserdicht verschlossenen Gefässen aufzubewahren und darf diesen nur nach Maassgabe des jeweiligen Bedarfs entnommen werden. Die Gefässe sind in trocknen, hellen, gut gelüfteten Räumen zu lagern, Kellerräume dürfen zur Lagerung nicht benutzt werden.

5. Die Zerkleinerung des Carbids muss mit möglichster Vermeidung von Staubentwicklung erfolgen. Die Arbeiter sind während ihrer Beschäftigung mit Respiratoren und Schutzbrillen zu versehen.

6. Acetylengas-Behälter sind im Freien oder in einem von dem Gasentwickler gesonderten, gut gelüfteten Raume aufzustellen.

7. Jeder Gasbehälter ist mit einem Wasser-Manometer zu versehen, an welchem der in dem Behälter vorhandene Druck jederzeit ersichtlich ist.

8. Zwischen Entwickler und Gasbehälter ist zur Beseitigung etwa vorhandener Verunreinigungen (Phosphorwasserstoff, Arsenwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak u. s. w.) ein gut wirkender Gaswascher einzuschalten.

9. Die Verdichtung des Acetylengases mit einem 10 Atmosphären übersteigenden Druck darf nur bei starker Abkühlung stattfinden.

10. Bei der Fabrikation von flüssigem Acetylen muss der Kondensator sofort nach Beendigung der Komprimierung entlastet werden.

11. An den Maschinen, Leitungen und sonstigen Vorrichtungen dürfen die Teile, die mit dem Acetylen in Berührung kommen, nicht aus Kupfer bestehen und keine scharfen Kanten haben. Die Verwendung von Kupferlegierungen ist statthaft für Fittings und Hähne an Apparaten, in denen nicht über 1 Atmosphäre Überdruck herrscht.

12. Die Abwässer dürfen nur, nachdem sie geklärt und auf das Fünffache verdünnt worden sind, öffentlichen Flussläufen zugelassen werden.

Vorschriften, betreffend die nicht fabrikmässige Herstellung und die Verwendung von Acetylen.

§ 1. Wer ausser im fabrikmässigen Umfange Acetylen herstellen oder verwenden will, hat dies spätestens bei der ersten Inbetriebsetzung der Gasentwickelungs-Apparate der Ortspolizeibehörde anzuzeigen.

Die bei den Bürgermeistern in mittleren und kleinen Städten, den Gemeindevorständen und Gutsvorstehern eingehenden Anzeigen sind binnen drei Tagen unter Angabe der etwa gegen die Anlage zu machenden Erinnerungen, oder wenn keine Erinnerungen zu machen sind, unter Beifügung der Bemerkung: »Gesehen«, sowie unter Beisetzung der Namensunterschrift zur weiteren Entschliessung an die Amtshauptmannschaft abzugeben.

Die Amtshauptmannschaften und Stadträte haben sich durch ihre Bausachverständigen oder sonst geeignete Personen davon zu überzeugen, ob diese Anlagen vorschriftsmässig beschaffen sind.

§ 2. Die Entwickelung und Aufbewahrung von Acetylen darf nicht in oder unter bewohnten Räumen und nicht in Kellern erfolgen. Die Räume, in denen die Gasentwickelung stattfindet, müssen durch eine Brandmauer oder einen isolierenden Luftraum von Wohnräumen getrennt sein. Die Gasentwickler dürfen nur unter leichter Bedachung aufgestellt werden.

§ 3. Diese Räume müssen hell, geräumig und gut gelüftet sein, dürfen nur durch Dampf- oder Wasserheizung erwärmt und nicht mit Licht betreten werden. Die Thüren müssen nach aussen aufschlagen.

Die Entlüftungsrohre der Räume und der Gasentwickler dürfen nicht in Schornsteine münden, die Entlüftungsrohre der Gasentwickler sind bis über das Dach zu führen.

§ 4. Die Apparate zur Entwickelung und Aufbewahrung von Acetylengas müssen so eingerichtet sein, dass in ihnen kein höherer, als ein Überdruck von 1 Atmosphäre sich bilden kann.

§ 5. An den Entwickelungsapparaten, Gasbehältern und Gasleitungen dürfen keine aus Kupfer bestehenden Teile angebracht sein.

§ 6. Calciumcarbid und andere Carbide dürfen in Mengen von mehr als 10 *kg* nur in wasserdicht verschlossenen Gefässen und in trockenen, hellen gut gelüfteten Räumen aufbewahrt werden. Die Lagerung in Kellern ist untersagt. Die Gefässe müssen die Aufschrift tragen: »Carbid, gefährlich, wenn nicht trocken gehalten!«

§ 7. Die zur Aufnahme flüssigen Acetylens bestimmten Flaschen müssen durch einen weissen Anstrich und die Aufschrift: »Flüssiges Acetylen, feuergefährlich!« gekennzeichnet, mit Angabe der Tara und des Fassungsraums in Litern versehen und auf 250 Atmosphären geprüft sein.

§ 8. Bei der Füllung der Flaschen darf das Verhältnis von 1 *kg* Acetylen auf 3 Liter Rauminhalt nicht überschritten werden.

§ 9. Die Flaschen für verdichtetes Acetylengas müssen durch die Aufschrift: »Acetylengas, feuergefährlich!« gekennzeichnet und mit der Angabe des höchsten zulässigen Druckes versehen sein. Sie müssen mit dem doppelten des zulässigen Druckes geprüft sein.

§ 10. Die mit flüssigem oder verdichtetem Acetylen gefüllten Flaschen sind gegen die Einwirkung von Sonnenstrahlen und Ofenwärme zu schützen.

§ 11. Flüssiges und verdichtetes Acetylen dürfen nur in Gefässe gefüllt werden, an denen kein Teil aus Kupfer oder Kupferlegierungen besteht.

§ 12. Die Bestimmungen in den §§ 1, 2 und 3 finden keine Anwendung auf tragbare und solche Acetylengaslampen, bei denen der Brenner mit dem Entwickelungsapparat unmittelbar und fest verbunden ist.

Denjenigen, welche mit Genehmigung oder mit Vorwissen der Behörde Acetylenentwickelungs-Apparate bereits in Betrieb genommen haben, kann von der Behörde zur Erfüllung der Vorschriften in § 2 und im ersten Satze des § 3 eine Frist von 12 Monaten vom Tage des Inkrafttretens dieser Vorschriften ab bewilligt werden.

Die vorstehenden Bestimmungen finden keine Anwendung:

a) auf fabrikmässig betriebene oder daher nach § 16 der Gewerbeordnung besonderer Genehmigung bedürftiger Anlagen zur Herstellung von Acetylen;

b) auf die staatlichen wissenschaftlichen Institute, soweit sie Acetylen zu Lehr- und Studienzwecken herstellen und verwenden.

§ 13. Zuwiderhandlungen gegen diese Verordnung werden, sofern dadurch nicht nach den bestehenden Gesetzen eine schwerere Strafe verwirkt ist, mit Geldstrafe bis zu 60 Mark und im Falle des Unvermögens an deren Stelle mit entsprechender Haft bestraft.

Dresden, den 28. Februar 1898.

III. Ortspolizeiliche Vorschriften für die k. Haupt- und Residenzstadt München.[1]

Der Magistrat der kgl. Haupt- und Residenzstadt München erlässt auf Grund des § 368, Ziff. 8, des R.-St.-G.-B. und Art. 2, Ziff. 14, des P.-St.-G.-B. nachstehende ortspolizeiliche Vorschriften:

§ 1. Nichtfabrikmässige Anlagen, welche Calciumcarbid herstellen oder Acetylengas erzeugen, welches unter einem Überdruck von mehr als $^1/_2$ Atm. steht, sind innerhalb des Burgfriedens der Stadt München verboten.

Desgleichen ist auch die Aufbewahrung oder Verwendung von Acetylengas, welches auf mehr als $^1/_2$ Atm. Überdruck verdichtet ist, sowie von flüssigem Acetylen verboten.

Fabrikmässige Betriebsanlagen gelten als »chemische Fabriken« im Sinne des § 16 d. R.-G.-O. und unterliegen deshalb dem daselbst vorgeschriebenen Verfahren.

§ 2. Wer im Bereiche des Stadtgebietes ausser im fabrikmässigen Betriebe Calciumcarbid oder Acetylen herstellen oder verwenden will oder wer einen Acetylenentwickler, sei es dauernd oder nur vorübergehend, aufstellen oder wer sich mit dem Verkaufe von Calciumcarbid, von Apparaten zur Acetylen-Erzeugung oder von Acetylengas-Lampen befassen will, hat vor Beginn des Betriebes hievon dem Stadtmagistrat zur Wahrung der feuerpolizeilichen Interessen Anzeige zu erstatten und den von diesem ergehenden Anordnungen sich zu unterwerfen.

Diese Anzeige ist neuerdings zu erstatten, wenn die Anlagen resp. Verkaufsstellen in fremden Besitz übergehen.

---

[1]) Diese Vorschriften sind, mit unwesentlichen Abänderungen einzelner Städte, im ganzen Königreiche Bayern gültig.

§ 3. Bei Anlagen zur Beleuchtung mit Acetylengas ist gleichzeitig mit der in § 2 geforderten Anzeige eine genaue Beschreibung der gesamten Anlage nebst den erforderlichen Plänen, sowie eine von dem Erbauer bestätigte Vorschrift über den Betrieb der Beleuchtungsanlage einzureichen.

Dieselbe darf nicht eher in Betrieb gesetzt werden, bis die schriftliche Erlaubnis zur Benutzung seitens des Magistrates der kgl. Haupt- und Residenzstadt München erteilt worden ist.

§ 4. Calciumcarbid darf nur in gut verschlossenen Gefässen von höchstens 50 *kg* Inhalt, welche gegen das Eindringen von Feuchtigkeit vollkommen geschützt sein müssen, in Mengen bis zu höchstens 300 *kg* gelagert und nur nach Maassgabe des jeweiligen Bedarfes entnommen werden. Die Gefässe müssen mit deutlich lesbarer gedruckter Aufschrift versehen sein: »Carbid, gefährlich, wenn nicht trocken gehalten!« Die Entwickelung und Aufbewahrung von Acetylen darf, falls dabei mehr als 1 *kg* Calciumcarbid zur Darstellung von Acetylengas auf einmal verwendet wird, nicht in oder unter bewohnten Räumen und nicht in Kellern erfolgen. Die Räume, in denen die Gasentwickelung stattfindet, müssen entweder 10 *m* von bewohnten Gebäuden entfernt oder durch eine Brandmauer von derselben getrennt sein.

Acetylengasbehälter sind im Freien oder in einem von dem Gasentwickler gesonderten gut gelüfteten Raum aufzustellen. Jeder Gasbehälter ist mit einem Wassermanometer zu versehen, an welchem der in dem Behälter vorhandene Druck jederzeit ersichtlich ist.

Zwischen Entwickler und Gasbehälter ist zur Beseitigung etwa vorhandener Verunreinigungen (Phosphorwasserstoff, Arsenikwasserstoff, Schwefelwasserstoff, Ammoniak u. s. w.) ein gut wirkender Gaswascher einzuschalten.

Die zur Herstellung von Acetylengas dienenden Räume müssen hell und gut gelüftet sein und dürfen nur mittels Dampf- oder Warmwasserheizung erwärmt werden. Sie dürfen für andere Zwecke nicht verwendet werden. Die Entlüftungsrohre der Räume und der Gasentwickler dürfen nicht in Schornsteine münden. Die Entlüftungsrohre der Gasentwickler sind bis über das Dach zu führen, falls die zur Entwicklung des Acetylengases dienenden Räume an andere Gebäude angebaut sind.

Die Thüren müssen nach aussen aufschlagen. Die Räume dürfen nur vermittelst zuverlässig abgeschlossener Aussenbeleuchtung oder durch elektrische Glühlampen mit Doppelglocken erhellt werden. Ausschalter und Sicherungen müssen ausserhalb der Räume liegen. Zum Betreten der Räume mit Licht dürfen nur elektrische Sicherheitslampen verwendet werden.

§ 5. Die zur Erzeugung und Aufbewahrung von Acetylengas dienenden Apparate müssen Sicherheitsvorrichtungen haben, die das Auftreten eines Gasüberdruckes von mehr als $^1/_2$ Atm. unmöglich machen.

An den Maschinen, Leitungen und sonstigen Vorrichtungen dürfen die Teile, die mit dem Acetylen in Berührung kommen, nicht aus Kupfer bestehen und keine scharfen Kanten haben. Die Verwendung von Kupferlegierungen ist statthaft für Fittings und Hähne an Apparaten, in denen nicht über $^1/_2$ Atm. Überdruck herrscht.

Die Überwachung und Bedienung der Apparate darf nur durch zuverlässige, mit der Konstruktion der Apparate, sowie mit den Eigenschaften des Gases und des Vergasungsmaterials vertrauten Personen ausgeführt werden.

§ 6. Vorstehende Bestimmungen gelten mit Ausnahme der §§ 1 und 2 auch für die wissenschaftlichen Institute.

Wird in solchen Instituten flüssiges Acetylen aufbewahrt und verwendet, so sind hierzu Stahlflaschen zu benutzen, welche den Bestimmungen, betreffend die Beförderung von Acetylen auf den deutschen Eisenbahnen entsprechen, und darf nur in Mengen von höchstens 5 *kg* vorrätig gehalten werden.

§ 7. Verfehlungen gegen vorstehende Bestimmungen werden mit Geldstrafe bis zu 60 Mark oder Haftstrafe bis zu 14 Tagen bestraft.

München, am 28. Februar 1898.

IV. Verfügung des königlich württembergischen Ministeriums des Innern.

Auf Grund des § 368, Ziff. 8, des Reichsstrafgesetzbuchs und unter Hinweis auf § 22 der königlichen Verordnung, betreffend die Feuerpolizei, vom 21. Dezember 1876 (Reg.-Bl. S. 513), wird verfügt, wie folgt:

§ 1. Wer Acetylen herstellen oder verwenden will, hat dies spätestens bei der ersten Inbetriebsetzung der Gasentwickelungs-Apparate der Polizeibehörde anzuzeigen.

Zuständig zur Entgegennahme der Anzeige ist in Städten von mehr als 10000 Einwohnern die Ortspolizeibehörde, in den übrigen Gemeinden das Oberamt.

§ 2. Die Entwickelung und Aufbewahrung von Acetylen darf nicht in oder unter Räumen, in welchen sich Menschen aufzuhalten pflegen, und nicht in Kellern erfolgen. Die Räume, in denen die Gasentwickelung stattfindet, müssen durch eine Brandmauer oder einen isolierenden Luftraum von Wohnräumen getrennt sein. Die Apparate zur Entwickelung und Aufbewahrung von Acetylen dürfen nur in Räumen mit leichter Bedachung aufgestellt werden, es sei denn, dass es sich nur um einen kleineren Apparat handelt, dessen Gasbehälter nicht mehr als $^1/_4$ *cbm* enthält, und dass zugleich der Aufstellungsraum einen Rauminhalt von mindestens 25 *cbm* hat.

§ 3. Die Räume, in welchen Acetylen entwickelt und aufbewahrt wird, müssen hell, geräumig und gut gelüftet sein und nur durch Dampf- oder Wasserheizung erwärmt und nicht mit Licht betreten werden. Die Thüren müssen nach aussen aufschlagen.

Die Entlüftungsrohre der Räume und der Gasentwickler dürfen nicht in Schornsteine münden und müssen so ins Freie geführt werden, dass das ihnen entströmende Gas nicht in andere Räume gelangen kann.

§ 4. Die Apparate zur Entwickelung und Aufbewahrung von Acetylen müssen so eingerichtet sein, dass in ihnen kein höherer als ein Überdruck von einer halben Atmosphäre sich bilden kann.

§ 5. An den Entwickelungsapparaten, Gasbehältern und Gasleitungen dürfen keine aus Kupfer bestehenden Teile angebracht sein.

§ 6. Die Bedienung der Acetylenapparate darf nur durch zuverlässige, mit der Einrichtung und Handhabung derselben vertraute Personen erfolgen.

§ 7. Calciumcarbid und andere Carbide dürfen in Mengen von mehr als 10 *kg* nur in wasserdicht verschlossenen Gefässen und in trockenen, hellen, gut gelüfteten Räumen aufbewahrt werden. Die Lagerung in Kellern ist untersagt. Die Gefässe müssen die Aufschrift haben: »Carbid, gefährlich, wenn nicht trocken gehalten!«

§ 8. Die zur Aufnahme flüssigen Acetylens bestimmten Flaschen müssen durch einen weissen Anstrich und die Aufschrift: »Flüssiges Acetylen, feuergefährlich!« gekennzeichnet, mit Angabe der Tara und des Fassungsraumes in Litern versehen und auf 250 Atmosphären geprüft sein.

§ 9. Bei der Füllung der Flaschen darf das Verhältnis von 1 *kg* Acetylen auf 3 *l* Rauminhalt nicht überschritten werden.

§ 10. Die Flaschen für verdichtetes Acetylen müssen durch die Aufschrift: »Acetylengas, feuergefährlich!« gekennzeichnet und mit der Angabe des höchsten zulässigen Druckes versehen sein. Sie müssen mit dem Doppelten des zulässigen Druckes geprüft sein.

§ 11. Die mit flüssigem oder verdichtetem Acetylen gefüllten Flaschen sind gegen die Einwirkung von Sonnenstrahlen und Ofenwärme zu schützen.

§ 12. Flüssiges und verdichtetes Acetylen dürfen nur in Gefässe gefüllt werden, an denen kein Teil aus Kupfer oder Kupferlegierungen besteht.

§ 13. Diejenigen, welche beim Erscheinen dieser Verfügung Acetylen Entwickelungsapparate bereits in Betrieb genommen haben, haben hiervon binnen 4 Wochen der zuständigen Polizeibehörde (§ 1, Abs. 2) Anzeige zu erstatten. Zur Erfüllung der Vorschriften in § 2 und im ersten Satz des § 3 kann denselben von der Polizeibehörde eine Frist von einem Jahr vom Tage des Erscheinens dieser Verfügung ab bewilligt werden.

§ 14. Die in den §§ 1 bis 3 und 13 getroffenen Bestimmungen gelten nicht für tragbare und solche Acetylenlampen, bei denen der Brenner mit dem Entwickelungsapparat unmittelbar und fest verbunden ist.

§ 15. Die Bestimmungen dieser Verfügung finden keine Anwendung:

a) auf solche Anlagen zur Herstellung von Acetylen, welche nach § 16 der Gewerbeordnung besonderer Genehmigung bedürfen;

b) auf die staatlichen wissenschaftlichen Institute, soweit sie Acetylen zu Lehr- und Studienzwecken herstellen und verwenden.

Stuttgart, den 30. September 1898.

V. Verordnung der Polizeibehörde von Hamburg.

Unter Bezugnahme auf die Bekanntmachungen vom 8. Januar 1897 (Amtsblatt S. 29), vom 2. April 1898 (Amtsblatt S. 265), vom 5. April 1898 (Amtsblatt S. 327), wird zur Kenntnis gebracht, dass zur Abwendung von Gefahren, Genehmigungen [1]) zur Lagerung von Calciumcarbid und zur nichtfabrikmässigen Herstellung von Acetylen, vorbehältlich besonderer Vorschriften im Einzelfall, von folgenden Bedingungen abhängig gemacht werden:

I. Lagerung von Calciumcarbid.

§ 1. Calciumcarbid darf nur in wasserdicht verschlossenen, ausreichend feuersicheren Metallgefässen in trockenen, hellen, gut gelüfteten Räumen aufbewahrt werden.

Die Lagerung in Kellern ist untersagt.

Die Gefässe müssen die Aufschrift tragen: »Carbid, gefährlich, wenn nicht trocken gehalten!«

§ 2. Die Lagerungsräume müssen aus unverbrennlichem Materiale hergestellt, durch Brandmauern oder durch einen isolierenden Luftraum von Räumen, die zum Aufenthalt von Menschen dienen, getrennt sein. Die Bedachung des Lagerraumes muss eine leichte sein.

Brennbare Sachen dürfen in den Räumen nicht gelagert werden.

§ 3. Die Lagerungsräume dürfen nur durch Dampf- oder Wasserheizung erwärmt und nicht mit Licht, brennender Cigarre und dergl. betreten werden. Als künstliche Beleuchtung sind nur zuverlässig abgeschlossene Aussenbeleuchtung oder elektrische Glühlampen mit Doppelglocken statthaft; Ausschalter und Sicherungen müssen ausserhalb der Lagerungsräume liegen.

Die Thüren müssen nach aussen aufschlagen und feuersicher sein.

§ 4. Vorstehende Vorschriften sind in den Lagerräumen sichtbar anzubringen.

---

[1]) Anträge sind für das städtische Gebiet an die Polizeibehörde Abt. I, für das Landgericht an die zuständige Landherrenschaft und für die Landherrenschaft Ritzebüttel an den Amtsverwalter in Ritzebüttel zu richten. Den Anträgen ist eine Bescheinigung, dass der Grundeigentümer einverstanden ist, beizufügen. Den die Herstellung von Acetylen betr. Anträgen ist ferner beizufügen eine Skizze des Apparates und des Aufstellungsraumes, sowie eine Anweisung über die Handhabung des Apparates, über die Aufbewahrung und Verwendung des zum Betrieb gehörigen Calciumcarbids und über Vorsichtsmassregeln gegen Unfälle, wie Explosion u. s. w.

II. Nichtfabrikmässige Herstellung von Acetylen.

§ 1. Die Entwickelung und Aufbewahrung von Acetylen und die Aufbewahrung von Calciumcarbid darf nicht in oder unter Räumen, die zum Aufenthalt von Menschen dienen, und nicht in Kellern erfolgen. Jene Räume müssen durch eine Brandmauer oder einen isolierenden Luftraum von Räumen, die zum dauernden oder vorübergehenden Aufenthalte von Menschen dienen, getrennt sein.

§ 2. Diese Räume müssen aus unverbrennlichem Material hergestellt, hell, geräumig und gut gelüftet sein, dürfen nur durch Dampf- oder Wasserheizung erwärmt und nicht mit Licht, brennender Cigarre und dergleichen betreten werden. Als künstliche Beleuchtung sind nur zuverlässig abgeschlossene Aussenbeleuchtung oder elektrische Glühlampen mit Doppelglocken statthaft; Ausschalter oder Sicherungen müssen ausserhalb der Räume liegen. Die Thüren müssen nach aussen aufschlagen und feuersicher, die Bedachung muss eine leichte sein.

Andere brennbare Sachen dürfen in den Räumen nicht gelagert werden.

Die Entlüftungsrohre der Räume dürfen nicht in Schornsteine oder in die Nähe von Schornsteinen münden.

§ 3. Die zur Darstellung und zum Aufsaugen des Acetylengases benutzten Apparate müssen so eingerichtet sein, dass der Druck in den Gasentwickelungs-Apparaten, in den Rohrleitungen und in den Gasbehältern $1^1/_{10}$ Atmosphäre nicht übersteigen kann (§ 3 der Bekanntmachung vom 8. Januar 1897 bezw. der Bekanntmachungen vom 2. April 1898 und 5. April 1898).

An den Entwickelungsapparaten, Gasbehältern und Gasleitungen dürfen keine aus Kupfer bestehenden Teile angebracht sein. Für Fittings und Hähne ist die Verwendung von Kupferlegierungen statthaft; Schlauchverbindungen sind unzulässig.

§ 4. Die Rohrleitungen[1]) müssen von in Hamburg zugelassenen Gasfittern nach den Vorschriften der Instruktion für Gasfitter von 1879 hergestellt und auf 35 *cm* Wasserdruck manometerdicht sein.

§ 5. Das zum Betriebe erforderliche Calciumcarbid darf nur in wasserdicht verschlossenen, ausreichend feuersicheren Metallgefässen aufbewahrt werden.

Die Gefässe müssen die Aufschrift tragen: »Carbid, gefährlich, wenn nicht trocken gehalten!«

Das Carbid darf aus den Gefässen nur nach Maassgabe des Bedarfes entnommen werden.

§ 6. Vorstehende Vorschriften sowie eine Gebrauchsanweisung, in der die Handhabung des Apparates und die Aufbewahrung und Verwendung des Calciumcarbids beschrieben, sowie auf Vorsichtsmassregeln gegen Unfälle, wie Explosion u. s. w., hingewiesen wird, sind in der Betriebsstätte sichtbar anzubringen.

Hamburg, den 3. November 1898.

Ausser den vorstehend publizierten Vorschriften betr. die nicht fabrikmässige Herstellung und Verwendung von Acetylen, haben folgende deutsche Bundesstaaten Vorschriften erlassen, die sich mit den oben mitgeteilten decken:

[1]) Bei der in § 4 der Bekanntmachung vom 8. Januar 1897 vorgeschriebenen Besichtigung ist eine Bescheinigung des Revisionsbureaus für private Gasanlagen darüber vorzulegen, dass die Rohrleitungen diesen Bedingungen entsprechen.

Staat	Datum der Verordnung	Name des Blattes, in welchem die Veröffentlichung erfolgt ist	Nummer und Datum
Anhalt	10. Februar 1898	Anh.Staatsanzeiger	45 v. 23. 2. 1898
Baden	8. Januar 1898	Ges.-u.Verordn.-Bl.	1 v. 18. 1. 1898
Bayern	In Bayern sind durch Ministerial-Entschliessung vom 16. Juni 1897 die Maassregeln zur Verhütung von Gefahren bei Herstellung und Verwendung von Acetylengas vorerst der ortspolizeilichen Regelung überlassen worden. Die inzwischen vom Stadtmagistrat München unterm 18. Jan. 1898 erlassenen diesbezüglichen ortspolizeilichen Vorschriften sind sämtlichen königlichen Regierungen, Kammern des Innern, zu dem Zwecke mitgeteilt worden, um den andern Ortspolizeibehörden im Bedarfsfalle Anhaltspunkte zu einer entsprechenden Regelung zu bieten.		
Braunschweig . . .	hat bisher keine Vorschriften erlassen		
Bremen	13. Februar 1897	Gesetzbl. der freien Hansestadt Bremen	5 1897
Elsass (Ober-) . . .	26. Januar 1898	Centr.-Bez.-Amtsbl. für Elsass-Lothr.	5 v. 5. 2. 1898
Elsass (Unter-). . .	3. Novemb. 1897	do.	49 v. 13. 11. 1897
Hessen, Grossherz.	22. Februar 1898	Grossherz. Hess. Regierungsblatt	3 v. 2. 3. 1898
Lippe-Detmold . . .	12. Februar 1898	Gesetzblatt für das Fürstent. Lippe	3 v. 19. 2. 1898
Lübeck	18. Januar 1898	Lübeck. Anzeigen	33 v. 20. 1. 1898
Mecklenburg (beide)	haben bisher keine Vorschriften erlassen		
Oldenburg	25. April 1898	Gesetzblatt für das Fürstent. Birkenf.	33 v. 27. 4. 1898
Reuss ä. L.	22. Juli 1897	Liebetanz, »Calcium-carbid u. Acetylen«	—
Reuss j. L.	31. März 1898	Amts-u.Verord.-Bl. f. d. Frst. Reuss j. L.	16 v. 20. 4. 1898
Sachsen - Altenburg	26. Januar 1898	Herzogl. S.-Altenb. Amts- u. Nachr.-Bl.	14 v. 3. 2. 1898
		Herzogl. S.-Altenb. Gesetz-Sammlung	1 v. 24. 2. 1898
Sachsen - Coburg . .	12. Februar 1898	Gesetz-Samml. f. d. Herzogt. Coburg	1268 v. 19. 2. 1898
Sachsen - Gotha . .	17. Januar 1898	Gesetz-Samml. f. d. Herzogt. Gotha	3 v. 12. 2. 1898
Sachsen - Meiningen	29. März 1898	Regierungsblatt f. d. Ht. S.-Meiningen	59 v. 18. 4. 1898
Sachsen - Weimar .	15. Dezemb. 1897	Regierungsblatt f. d. Grossh. S.-Weimar	2 v. 21. 1. 1898
Schaumburg - Lippe	3. März 1898	Schmb.-Lippesche Landes-Verordn.	7 1898
Schwarzburg-Rudolstadt	17. Januar 1898	G.-S. f. d. Fürstent. Schwb.-Rudolstadt	3 1898
Schwarzburg-Sondershausen .	22. Januar 1898	G.-S. f. d. Fürstent. Schwb.-Sondersh.	3 1898
Waldeck-Pyrmont .	hat bisher keine Vorschriften erlassen		

VI. Ministerial-Bekanntmachung in Reuss ä. L.
vom 22. Juli 1897.

Wer Acetylengas aus Calciumcarbid mittels Wasser darstellen oder zu Beleuchtungszwecken verwenden will, bedarf der schriftlichen Genehmigung zur Benutzung der erforderlichen Apparate und Beleuchtungseinrichtungen.

Zuständig zur Erteilung, welche stets unter Vorbehalt des Widerrufs zu erfolgen hat, ist in den Städten Gera und Schleiz der Stadtgemeinderat (Stadtrat) im übrigen das Landratsamt. Die Genehmigung darf nicht früher erteilt werden, als bis der Gewerbeinspektor, welchem eingehende Gesuche von den betreffenden Behörden zu diesem Zwecke mitzuteilen sind, die Apparate sowie die Beleuchtungseinreichtungen besichtigt und bescheinigt hat, dass Erinnerungen gegen die Benutzung derselben von ihm nicht zu stellen, oder dass die von ihm durch Vermittelung der Genehmigungsbehörde gestellten Erinnerungen erledigt sind.

Die Benutzung der Apparate und Beleuchtungseinrichtungen vor dazu erteilter Genehmigung wird mit Geldstrafe bis zu 150 ℳ im Unvermögensfalle mit entsprechender Haft bestraft.

Aus dem Entwurf besonderer Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie für die Herstellung, Verdichtung und Verflüssigung von Acetylen.

A. Vorschriften für Arbeitgeber und Betriebsleiter.

§ 1. Die Herstellung und Verdichtung von Acetylengas einerseits und die Verflüssigung desselben andererseits muss in getrennt liegenden Gebäuden vorgenommen werden.

Sofern der zur Verdichtung des Gases angewandte Druck 8 Atmosphären übersteigt, muss diese Arbeit in einem gesonderten Raume erfolgen.

§ 2. Die Räume, in denen Acetylengas hergestellt, verdichtet oder verflüssigt wird, müssen hell und gut ventiliert sein; sie dürfen nur mittels Dampf- oder Warmwasser-Heizung erwärmt werden. Die zu diesen Räumen führenden Thüren müssen nach aussen aufschlagen.

§ 3. Die zur Herstellung, Verdichtung und Verflüssigung von Acetylengas dienenden Räume dürfen nur vermittelst zuverlässig abgeschlossener Aussenbeleuchtung erhellt werden. In dringenden Fällen ist das Betreten dieser Räume mit Sicherheitslampen gestattet, die vor ihrer Benutzung auf ihren ordnungsmässigen Zustand geprüft sind.

§ 4. Das Carbid ist zum Schutz gegen Feuchtigkeit in festverschlossenen Gefässen aufzubewahren und darf den letzteren nur nach Maassgabe des jeweiligen Bedarfes entnommen werden. Die Gefässe müssen in verschlossenen, gegen den Zutritt von Wasser geschützten, gut ventilierten Räumen gelagert werden. Kellerräume sind unter allen Umständen verboten.

§ 5. Die Zerkleinerung des Carbids muss mit möglichster Vermeidung von Staubentwickelung erfolgen. Die Arbeiter sind während ihrer Beschäftigung mit Respiratoren und Schutzbrillen zu versehen.

§ 6. Der Acetylengas-Behälter ist im Freien oder in einem von dem Gasentwickler gesonderten, gut ventilierten Raume aufzustellen.

§ 7. In Verbindung mit dem Gasbehälter ist ein Wassermanometer anzubringen, an welchem der in dem Behälter vorhandene Druck jederzeit ersichtlich ist.

§ 8. Zwischen Entwickler und Gasbehälter ist ein gut wirkender Gaswaschapparat einzuschalten, welcher etwa vorhandene Verunreinigungen (Phosphorwasserstoff, Arsenwasserstoff, Ammoniak etc.) beseitigt.

§ 9. Die Herstellung von Acetylen darf nicht durch Zuführung von Wasser zum Calciumcarbid, sondern muss durch allmähliche Einführung des Calciumcarbids in Wasser erfolgen. Die Menge des letzteren muss so gross sein, dass stets ein reichlicher Überschuss davon vorhanden ist.

§ 10. Die Verdichtung des Acetylengases über zehn Atmosphären hinaus darf nur bei starker Abkühlung stattfinden.

§ 11. Bei der Fabrikation von flüssigem Acetylen muss der Kondensator sofort nach Beendigung der Komprimierung entlastet werden.

§ 12. Die für flüssiges Acetylen zur Verwendung kommenden Transportflaschen müssen als solche durch einen weissen Anstrich gekennzeichnet, mit Angabe der Tara versehen und auf 250 Atmosphären geprüft sein.

Die Füllung der Flaschen darf das für den Transport auf den deutschen Eisenbahnen vorgeschriebene Verhältnis von 1 *kg* Acetylen auf 3 *l* Rauminhalt nicht überschreiten. Vor dem Füllen und nach dem Füllen der Flaschen ist das Gewicht genau festzustellen.

§ 13. Die mit flüssigem Acetylen gefüllten Flaschen sind gegen äussere Wärmeeinflüsse sorgfältig zu schützen.

§ 14. Sowohl bei den Transportflaschen als auch bei allen Maschinenteilen, welche mit dem flüssigen Acetylen in Berührung kommen können, ist jede Spur von Kupfer oder Kupferlegierung auszuschliessen. Ebenso müssen scharfe Kanten bei Ventilen und Maschinenteilen, welche mit dem Acetylen in Berührung kommen können, vermieden werden.

B. Vorschriften für Arbeiter.

§ 15. Das Betreten der zur Herstellung, Verdichtung und Verflüssigung von Acetylengas dienenden Räume mit offenem Licht, sowie das Anzünden von Streichhölzern und die Benutzung sonstiger Feuerzeuge in diesen Räumen ist verboten.

Bei Benutzung von Sicherheitslampen sind dieselben vor dem Gebrauch auf ihren ordnungsmässigen Zustand zu prüfen. Das Öffnen der Lampen in den Fabrikationsräumen ist verboten.

§ 16. Beim Zerkleinern des Carbids ist darauf Bedacht zu nehmen, dass die Entwickelung von Staub möglichst vermieden wird.

Die damit beschäftigten Personen sind verpflichtet, sich bei dieser Arbeit der ihnen zur Verfügung gestellten Respiratoren und Schutzbrillen zu bedienen.

§ 17. Die Zuführung von Wasser zum Calciumcarbid ist verboten. Die Einführung des letzteren in das Wasser zur Herstellung von Acetylengas darf immer nur in kleinen Mengen erfolgen, sodass stets ein reichlicher Überschuss von Wasser vorhanden ist.

§ 18. Bei der Verdichtung und Verflüssigung von Acetylengas ist darauf zu achten, dass die Grenzen der vorgeschriebenen Temperatur genau eingehalten werden.

§ 19. Bei der Verflüssigung des Acetylengases ist der Kondensator sofort nach Beendigung der Arbeit zu entlasten.

§ 20. Zur Füllung von flüssigem Acetylen sind nur solche Flaschen zu verwenden, die den vorgeschriebenen Bedingungen entsprechen.

§ 21. Beim Füllen der Flaschen ist darauf Bedacht zu nehmen, dass das vorgeschriebene Verhältnis von 1 *kg* Acetylen auf 3 *l* Fassungsraum nicht überschritten wird.

§ 22. Vor und nach dem Füllen der Flaschen ist ihr Gewicht genau festzustellen.

§ 23. Die gefüllten Flaschen sind gegen die Einwirkung der Sonne oder sonstiger Wärmequellen sorgfältig zu schützen.

§ 24. Beim Öffnen der Flaschen ist darauf Bedacht zu nehmen, dass die Ausströmung des Acetylens nur ganz allmählich vor sich geht.

Vertrags-Entwurf
für städtische Acetylenbeleuchtungs-Anlagen.[1])

1. Die Stadt . . . . giebt (Name des Konzessionärs) das ausschliessliche Recht, im Intervillan der Stadt . . . . ein Gasröhrennetz zum Zwecke einer öffentlichen Beleuchtungsanlage legen zu dürfen, um hierdurch die Stadt und Private mit einer Carbidgas-(2 CH-) Beleuchtung zu versehen. Diese Konzession lautet, von dem Tage der Inbetriebnahme an gerechnet, auf 50 Jahre. Nach 40 Jahren hat die Stadt . . . . das Recht, die ganze Anlage für den Schätzungspreis zu übernehmen, während nach 50 Jahren die ganze Anlage, und zwar Gaserzeugungs-Anlage, Rohrnetz und dessen Ausrüstung, ohne Gegenleistung kostenlos in den unumschränkten Besitz der Stadt . . . . übergeht.

2. Wenn die Unternehmung innerhalb drei Jahren, von der Datierung der Konzessionsurkunde an gerechnet, die Beleuchtungsanlage nicht ausbaut, so erlischt die Gültigkeit dieser Konzessionsurkunde, ohne dass die Unternehmung welch' immer geartete Schadloshaltung fordern könnte.

3. Die Unternehmung gewinnt hiermit auf 50 Jahre das ausschliessliche Recht, im Intervillane der Stadt . . . . in den Gassen, Plätzen für die Gasleitung ein Rohrnetz zu legen;. doch ist die Unternehmung verpflichtet, das aufgerissene Terain in seiner ursprünglichen Form wieder herzurichten.

4. Wollte die Stadt . . . . schon nach 40 Jahren die Anlage übernehmen, so entsendet die Stadt . . . . und die Unternehmung je zwei Sachverständige, welche gemeinschaftlich einen Vorsitzenden wählen. Die Schätzungen dieser Komission haben unbedingte Giltigkeit.

5. Die Unternehmung ist verpfichtet, sich jedem polizeilichen und baupolizeilichen Statut zu fügen. Die Gasmesser unterliegen der behördlichen Aichpflicht.

6. Die Unternehmung ist verpflichtet, die Beleuchtungsanlage während der ganzen Konzessionsdauer in tadellosem, betriebsfähigem Zustande zu erhalten, jeden Mangel des Rohrnetzes und der Anlage sofort zu beheben und achtzuhaben, dass der Betrieb keine Störung erleide. Eine Versäumnis in dieser Richtung giebt der Stadt . . . . das Recht, die nötigen Installierungen auf Kosten der Unternehmung anzuordnen resp. zu bestellen.

7. Die Stadt . . . . . hat das Recht, nach welcher Richtung immer eine Verlängerung des Gasrohrnetzes anzuordnen, wenn durch die Verlängerung des Netzes eine Konsumsteigerung gesichert ist, welche der Neuinvestitionsanlage in Brutto 10% oder einem Reinnutzen von 5% entspricht.

8. Das Rohrnetz und dessen Abzweigungen bis zur Grenzlinie der Privatfundien bilden das Eigentum der Unternehmung — somit sind auch diese auf Kosten der Unternehmung herzustellen und zu erhalten, welche nach 50 Jahren samt Ausrüstung in das unbeschränkte Eigentum der Stadt . . . . übergehen und zu übergeben sind.

9. Innerhalb des Privatgrundbesitzes belasten die Installierungen den Eigentümer oder Konsumenten und sind auch dessen Eigentum.

10. Das Anbohren der Röhren ist das ausschliessliche Recht der Unternehmung. Die Verbindung der Privatleitung mit dem öffentlichen Rohrnetze ist nach einem bestimmten Tarife auszuführen.

11. Bezüglich der Privatinstallierungen hat die Unternehmung der Stadt . . . . einen Preistarif vorzulegen, welcher von 5 zu 5 Jahren bewilligt wird. Die Unternehmung ist verpflichtet, bei Begünstigung von Teilzahlungen den Parteien die Gasleitung zu installieren, doch hat die Unternehmung das Recht, nach dem Rückstande 6% Verzugszinsen in Rechnung zu bringen.

---

[1]) Abschrift eines von Herrn Ingenieur Viktor Berdenich in Budapest, bisherigem Direktor der Acetylengas-Aktiengesellschaft in Wien, ausgearbeiteten Vertragsschemas, das Herr Direktor Berdenich seinen Verträgen mit Gemeinden behufs Ausführung von Acetylenbeleuchtungs-Anlagen zu Grunde legt und uns freundlich zur Verfügung stellte.

12. Die monatlich zu bezahlenden Gasgebühren sind folgende: Für Private pro Stunde und 10 (Zehn) Kerzenstärke $1^1/_2$, d. i. Eineinhalb Kreuzer; für öffentliche und humanitäre Anstalten $1^1/_4$, d. i. Eineinviertel Kreuzer, und endlich für Gassenbeleuchtung pro Lampe und Stunde und 15 Kerzen starke Flamme denselben Preis, den bisher die Petroleumlampen-Stunde kostete.

13. Der Tarif für Privateinleitung des Gasnetzes ist für die ersten 5 Jahre:
a) für die erste Räumlichkeit (Zimmer, Geschäftsraum, Magazin u. s. w.) fl. 12.—;
b) für jedes weitere Zimmer fl. 4.—.

Die Gasuhr (Gasmesser) ist Eigentum der Unternehmung. Luster, Leuchter hat jeder Private resp. Konsument selbst zu besorgen.

14. Welche Gasmenge einer Zehnkerzenflamme entspricht, bestimmt die Stadt . . . . im Vereine mit der Unternehmung von 5 zu 5 Jahren.

15. Der Unternehmer ist nur einmal verpflichtet, die Bezahlung der Gasgebühren zu fordern; wenn der Konsument 10 Tage nach der Aufforderung die Gebühren noch immer nicht bezahlt, hat die Unternehmung, das Recht die Leitung resp. die Gasuhr abzurüsten.

16. Gerät die Unternehmung in Konkurs oder entspricht diese nicht den Bedingnissen dieser Konzessionsurkunde, so hat die Stadt das Recht, entweder die Unternehmung dem Rechtsnachfolger zu übertragen oder um den Schätzungswert abzulösen.

17. Die Unternehmung hat einen hiesigen Insassen zu nennen, der alle für die Unternehmung einlaufenden Schriften und Urkunden übernimmt.

18. Das Recht der Übertragung dieser Konzessionsurkunde ist dem Konzessionär vorbehalten.

19. Diese Konzessionsurkunde ist in zwei Exemplaren auszustellen und vom Unternehmer zu unterschreiben. Ein Exemplar wird in der Kassa der Stadt . . . . hinterlegt, das zweite Exemplar wird der Unternehmung eingehändigt.

20. Im Falle einer Rechtsschädigung unterwirft sich der Unternehmer einer von der Stadt . . . . frei zu wählenden Gerichtsbehörde.

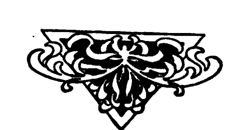
Berichtigung.

Seite 344, Zeile 20 von oben muss es heissen: à 0,11 ₰, statt à 11.
» 112, » 4 » » statt 1200 lies 12000.

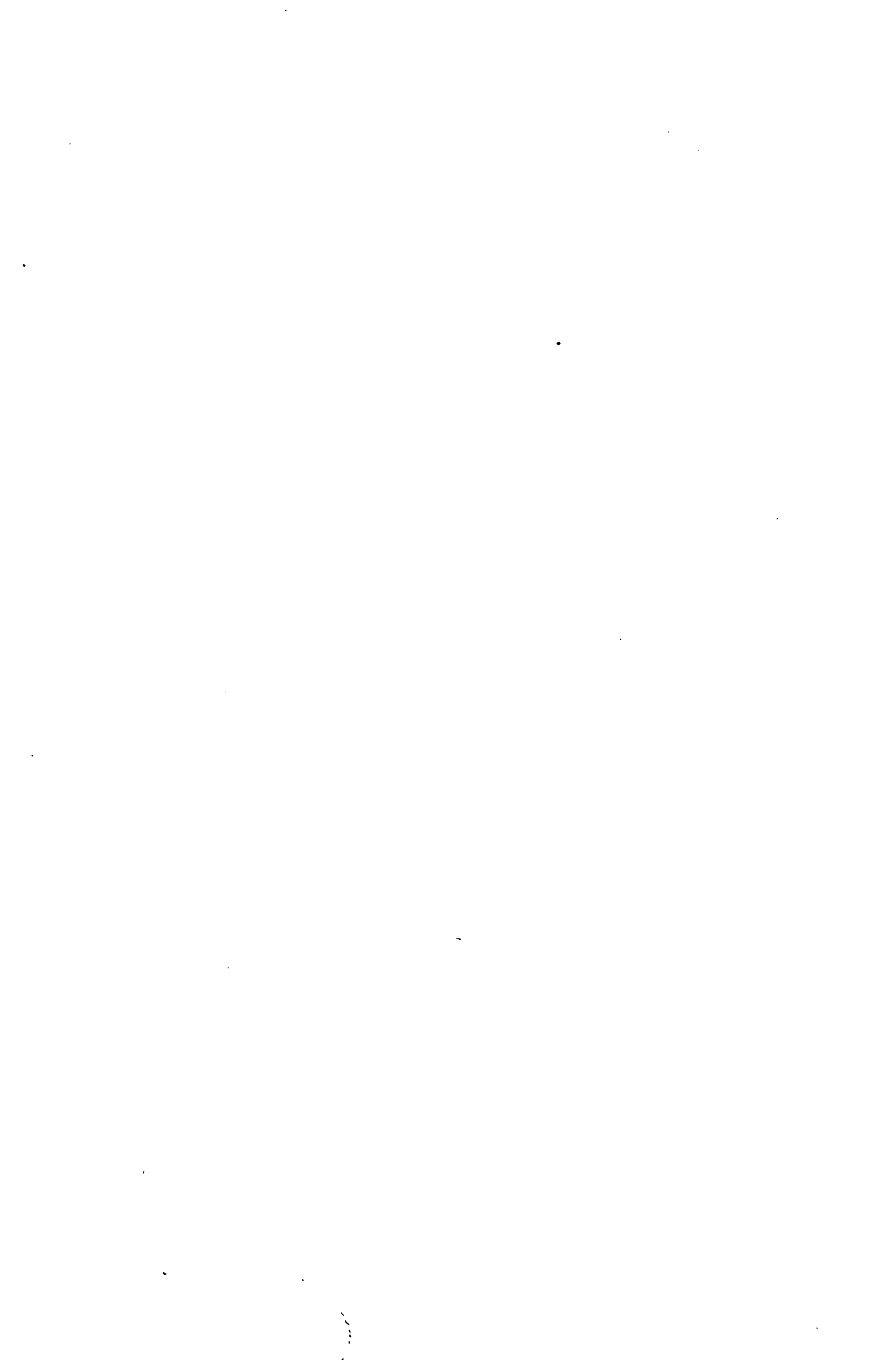
Namen- und Sachregister.

Die vor der betreffenden Seitenzahl stehenden Buchstaben bedeuten: A = Apparat; L = Lampe; Lt = Laterne; B = Brenner; O = elektrischer Ofen.





Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 45654



Keil, stud. arch. nav., **P. Elektrische Schiffahrt. Darstellung** ihrer Geschichte und Entwickelung nebst Anleitung zur Einrichtung elektrischer Boote. gr. 8°. 64 Seiten. Mit 24 Abbild. Brosch. ℳ 1.80.

Inhalt: Anfänge der elektrischen Schiffahrt. Entwickelung der Akkumulatorenboote in England. Die Akkumulatorenboote in den Vereinigten Staaten. Die Akkumulatorenboote in Frankreich und Südeuropa. Die elektrische Schiffahrt in Deutschland. Elektrischer Fährbetrieb in Bergen. Moderne Akkumulatorenboote. Vorteile, Nachteile und Zukunft der elektrischen Schiffahrt. Anleitung zum Entwurf eines kleinen Akkumulatorenbootes.

Krämer, Ingenieur **Jos. Konstruktion und Berechnung für** 12 verschiedene Typen von Dynamo-Gleichstrom-Maschinen für Maschinen-Ingenieure und Elektrotechniker. Mit 16 Tafeln, wovon 8 in Farbendruck, als Zeichenvorlagen bei Konstruktionsarbeiten, erläut. Text u. 36 Fig. Quer-Quart. Kart. ℳ 10.—.

Verzeichnis der Tafeln: 1. Schemata. 2. Zwölf verschiedene Eisengerüste. 3. Gramme-Ringanker-Maschine, 65 Volt, 75 Ampère. 4. 5. Flachring-Maschine, 65 Volt, 12 Ampère (Farbig). 6. Flachring-Maschine, 1000 Volt, 46 Ampère (Farbig). 7. Siemens-Trommel-Maschine, 110 Volt, 200 Ampère (Farbig). 8. Edison-Trommel-Maschine, 125 Volt, 400 Ampère. 9. 10. Lahmeyer-Trommel-Maschine, 65 Volt, 130 Ampère (Farbig). 11. 12. Schuckert-Flachring-Maschine, 720 Volt, 200 Ampère (Farbig), 13. Manchester-(Hopkinson-)Maschine, 110 Volt, 200 Ampère (Farbig). 14. Schorch; Ringanker-Maschine, 5 Volt, 25 Ampère. 15. Schuckert-Flachring-Compound-Maschine. 110 Volt, 363 Ampère. 16. Naglo-Typen: Trommel-Maschine, 110 Volt, 140 Ampère - Innenpol-Maschine, 100 Volt, 590 Ampère.

Krieg, Dr. **Martin. Taschenbuch der Elektricität. Ein Nachschlagebuch** und Ratgeber für Techniker, Monteure, Industrielle und technische Lehranstalten. 4. vermehrte Aufl. kl. 8°. 367 Seit. Mit 261 Abbildungen. Geb. ℳ 4.—.

I. Teil: I. Die hauptsächlichsten Wirkungen und Gesetze des Magnetismus, der Reibungselektricität und des Galvanismus. II. Die gebräuchlichsten elektrischen Messinstrumente und ihre Behandlung. 1. Instrumente zum Messen von Widerständen. 2. Instrumente zum Messen von Stromstärken. 3. Instrumente für Spannungs- und Strommessungen.

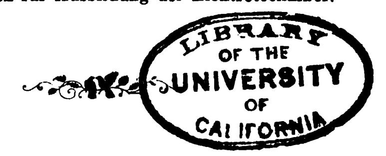
II. Teil: I. Haus- und Hoteltelegraphie. II. Elektrische Telegraphie. III. Die Telephonie. IV. Herstellung und Prüfung der Blitzableiter. V. Galvanoplastik VI. Dynamomaschinen. VII. Elektromotoren und ihre Anwendung. VIII. Elektrische Lampen. IX. Transformatoren. X. Akkumulatoren, ihre Verwertung, Behandlung und Kosten. XI. Installation, die Hilfsapparate und der Betrieb elektrischer Beleuchtungsanlagen. XII. Motoren für elektrische Beleuchtungsanlagen und die mechan. Hilfsapparate. XIII. Tabellen. XIV. Litteraturverzeichnis. XV. Alphabetisches Sachregister.

Krüger, E. A. Die Herstellung der elektrischen Glühlampe. Nach in den verschiedensten Glühlampen-Fabriken gesammelten praktischen Erfahrungen gemeinverständlich erörtert. Zum praktischen Gebrauch für Fabrikanten, Ingenieure, Techniker, Installateure, Monteure und Konsumenten. gr. 8°. 103 Seit. Mit 72 Abbildungen und 5 Tafeln. Brosch. ℳ 3.—, geb. ℳ 3.50.

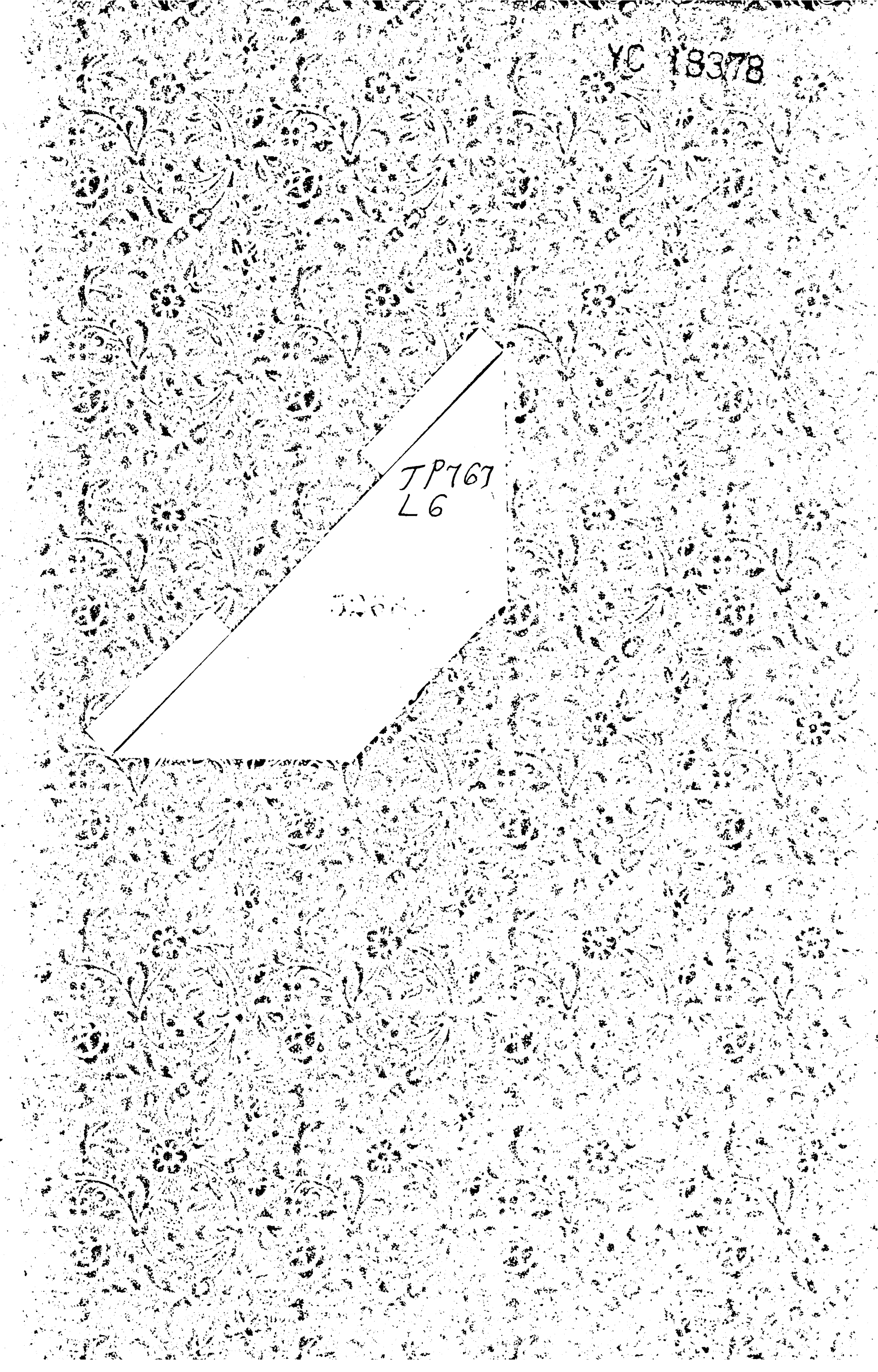
Inhalt: Konstruktion. Gestalt der Glühlampen, die bekanntesten Kontakte und Fassungen. Die Fabrikation der Glühlampe. Das Lager. Das Eingipsen der Lampen und Anlöten der Kontakte. Das Färben und Ätzen der Glühlampe. Tabellen.

Le Blanc, Professor Dr. **Max. Lehrbuch der Elektrochemie.** gr. 8°. 226 Seiten. Mit 32 Fig. Brosch. ℳ 4.80, geb. ℳ 5.80.

Hauptkapitel-Überschriften: I. Einführung. Grundbegriffe der Elektricitätslehre. II. Entwickelung der Elektrochemie bis zur Gegenwart. III. Theorie der elektrolytischen Dissociation von Arrhenius. IV. Wanderung der Ionen. V. Leitfähigkeit der Elektrolyte. VI. Elektromotorische Kräfte. Konzentrationsketten. Flüssigkeitsketten. Allgemeine Betrachtungen über Konzentrations- und Flüssigkeitsketten. Thermoketten. Spannungsgesetze. Chemische Ketten. Bestimmung einzelner Potentialunterschiede. Ketten, bei denen die Ionen liefernden Stoffe nicht Elemente sind. Potentialdifferenz zwischen festem und flüssigem Metall. Polarisation. Anhang. Die gebräuchlichen galvanischen Elemente. Die Akkumulatoren.



LEIPZIG, OSKAR LEINER. 45577


YC 18378
TP767
L6

